

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2015/2016**

**CONCEÇÃO DE UM SISTEMA DE RECOLHA  
SELETIVA PORTA A PORTA NO MUNICÍPIO  
DE ESPINHO**

**SARA LILIANA DA SILVA PARDILHÓ**

Dissertação submetida para obtenção do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri:** Manuel Fernando Ribeiro Pereira  
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Química Faculdade de  
Engenharia da Universidade do Porto)

---

**Orientador Académico:** Joana Maia Moreira Dias  
(Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de  
Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**Orientador na Empresa:** Susana Isabel Miranda Lopes  
(Diretora do Departamento de Produção e Logística da LIPOR)

*julho de 2016*

Projeto realizado em parceria com:



---

Este trabalho foi financiado pelos projetos POCI-01-0145-FEDER-006939 - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE e NORTE- 01-0145- FEDER- 000005 – LEPABE-2-ECO-INNOVATION, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020) e por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia I.P.



*“Sucesso é conseguir o que se quer;  
Felicidade é gostar do que se consegue.”*

**Dale Carnegie**



## **Agradecimentos**

Na vida, há sempre alguém que nos inspira ou que se deixa inspirar por nós. Quem quer ir depressa vai sozinho, mas se queremos ir longe, o melhor é irmos juntos! Deste modo, a dissertação que agora apresento resulta do contributo, apoio, incentivo e confiança de múltiplas pessoas, às quais não posso deixar de prestar os meus sinceros agradecimentos.

Assim, como não poderia deixar de ser, em primeiro lugar, agradeço à Professora Joana Dias, minha orientadora académica, pela sua total disponibilidade, competência e acompanhamento no trabalho. Agradeço-lhe o facto de nunca ter desistido de mim, em momento algum, apesar das intempéries que se atravessaram no meu caminho durante o período de realização da dissertação. Sem dúvida que foi um elemento crucial para o sucesso do meu trabalho, cujas orientações e recomendações, quer a nível profissional quer a nível pessoal, foram de extrema pertinência e importância.

À Engenheira Anna Kustra, da Câmara Municipal de Espinho, por acreditar nas minhas capacidades, por se mostrar sempre disponível quando solicitada e, sobretudo, pela partilha de conhecimentos e apreciações profissionais relevantes para o meu futuro enquanto engenheira. Não posso deixar de agradecer ao Engenheiro Joaquim Sá, também, pela sua disponibilidade, e a todos os funcionários da Divisão de Serviços Básicos e Ambiente da Câmara Municipal de Espinho, que sempre me receberam e acarinharam em momentos de maior tensão.

À Engenheira Susana Lopes, minha orientadora a nível empresarial, que apesar da sua ocupação profissional e trabalho ativo na Lipor, sempre se mostrou disponível quando solicitada. Ao técnico Henrique Silva, da Lipor, pela amabilidade e disponibilidade prestada no esclarecimento de dúvidas que foram surgindo ao longo do trabalho.

Às Engenheiras Carolina Lucas e Ana Leal, investigadoras da FEUP, e ao Professor Fernando Martins, pela disponibilidade e auxílio na execução do projeto. Agradeço em especial à Carolina que sempre me apoiou e acreditou em mim e nas minhas

capacidades, confortando-me em momentos de maior *stress*, e mostrando completa disponibilidade sempre que contactada.

Aos meus Pais e à minha Irmã por serem sempre o meu alicerce em todos os momentos, pelo amor incondicional, pelo apoio e votos de confiança dados ao longo de todo o meu percurso académico. É com orgulho que lhes agradeço e lhes dedico este meu trabalho pois sem eles não teria sido possível realizá-lo; por estarem sempre presentes, por acreditarem nas minhas capacidades e não desistirem de me apoiar perante as intempéries que se atravessaram no meu caminho, por me ouvirem constantemente, por me darem o ombro para chorar, por me fazerem rir, por darem tudo por mim, por quererem o meu melhor, por serem os Melhores do Mundo (...). Agradeço, ainda, a todos os meus familiares que com certeza sempre torceram pelo meu sucesso pessoal e académico.

A todos os meus verdadeiros amigos pelos momentos de descontração, pela amizade e pelas experiências vividas ao longo destes anos. O meu especial agradecimento à minha melhor amiga Ana Gorito, que é sem dúvida uma das melhores pessoas que conheço, que sempre esteve presente, que me compreende como ninguém, que é sem dúvida uma verdadeira Amiga. À Mariana Miranda, minha fiel companheira de grupos de trabalho durante os cinco anos de curso, que me aturou estes anos todos, estando sempre presente; deu-me apoio em momentos menos bons e partilhámos juntas muitas alegrias. Ao Engenheiro, meu Padrinho Académico e fiel Amigo, José Leite, pelos conselhos, pelas histórias, por me ouvir, por me acalmar, pelas experiências partilhadas, pelos momentos vividos, por me deixar chateá-lo a qualquer hora e não me abandonar em momento algum.

Aos meus meninos, Emanuel Costa, Joab Silva, Mariana Cruz e Jamil Farkatt, por me terem acolhido da melhor forma, por me apoiarem, pela alegria contagiante, pelo bom humor e disposição que me faz rir constantemente; por terem sido o meu porto de abrigo no momento mais crítico pelo qual passei neste período. Sem dúvida, que sem eles tudo teria sido mais complicado.

Por último, à *mui* nobre Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, minha segunda casa desde 2011, local onde adquiri conhecimentos, evolui enquanto ser humano, trabalhei e sobretudo fui feliz.

No final de tudo isto, acredito que embora quando a esperança na luz é escassa, a tormenta passará. É preciso perder, para depois se ganhar, e mesmo sem ver, acreditar, sempre!

## Resumo

O PERSU 2020, documento de referência ao nível das políticas de gestão de resíduos urbanos em Portugal, define como um dos seus objetivos principais o aumento da preparação para reutilização e reciclagem, tendo como meta a atingir, em 2020, o valor de 50%, distribuído ponderadamente pelos sistemas de gestão existentes. Em Portugal, no ano 2014, foram produzidas cerca de 4 719 kt de resíduos urbanos, cuja taxa de preparação para reutilização e reciclagem foi de 29%, valor distante da meta a atingir.

Em 2014, o Município de Espinho registou um valor baixo, de 15,84 %, sendo que o Sistema Lipor onde se insere tem como meta a atingir 35 %. Em sequência, foram definidos vários eixos de intervenção, que constam do Plano de Ação do PERSU 2020 (PAPERSU) deste Município, em particular o segundo eixo: “Implementação de um sistema de recolha seletiva porta a porta, ao nível residencial”, tema sobre o qual recai a presente dissertação. Os objetivos específicos do trabalho desenvolvido consistiram em: i) estudar possíveis zonas a abranger e subsequente definição e caracterização de uma zona piloto; ii) caracterizar a situação atual de recolha nessa zona; iii) definir o sistema porta a porta a implementar, essencialmente em termos de tipo de equipamentos a utilizar, frequências de recolha e definição de circuitos; e, iv) avaliar os impactos económicos deste sistema.

A zona piloto selecionada, localizada nas Freguesias de Anta e Guetim, representa 29 % da área do Município, apresentando 2 152 alojamentos e 5 182 habitantes, e predominando edifícios constituídos por um ou dois alojamentos. Na zona piloto produzem-se, por dia e habitante, cerca de 0,19 kg de papel e cartão, 0,26 kg de plástico e metal, 0,10 kg de vidro e 0,77 kg dos restantes componentes. O projeto desenvolvido prevê a instalação de 5 715 contentores para a recolha da fração multimaterial, considerando capacidades predominantes de 80 e 140 L. O sistema foi concebido para frequências de recolha semanais para plástico e metal, quinzenais para papel e cartão e mensais para vidro, prevendo-se a necessidade de execução de 3 circuitos para a recolha de plástico e metal, 2 circuitos para papel e cartão e 1 circuito para o vidro, para recolher 356 t/ano, abrangendo uma distância mínima de 93,6 km, tendo por base a aplicação dos algoritmos de *Floyd* e de *Clarke e Wright*.

A análise dos custos totais de recolha e tratamento indicam um acréscimo em cerca de 5 % (10 164,06 €) face ao sistema atualmente aplicado (recolha por ecopontos), resultando também num maior esforço em termos de recursos humanos. Contudo, o custo unitário de recolha seletiva reduz-se face ao sistema atual, passando de 159,56 €/t para 153,67 €/t. É de realçar que a implementação do novo sistema acarreta um elevado custo de investimento inicial, sobretudo em equipamentos de deposição (195 602,7 €), sendo este cerca de 75% superior ao aplicável à atual recolha por ecopontos.

**Palavras-chave:** Resíduos Urbanos, Recolha Seletiva, Recolha Porta a Porta, Reciclagem Multimaterial.





## Abstract

PERSU 2020, the reference document at the level of municipal waste management policies in Portugal, defines as one of its main objectives the increase in the rate of preparation for reuse and recycling, with the target to be achieved, in 2020, being 50 %, resulting from different contributions by the existing management systems. In Portugal, in 2014, around 4 719 kt of municipal waste were produced, whose rate of preparation for reuse and recycling was 29%, far from the mentioned target.

In 2014, the City of Espinho presented a low value of 15.84 %, whereas the LIPOR system, where it belongs, has as target 35 %. As consequence, were several measures for intervention were defined, which are set out in the Plan of Action of the PERSU 2020 (PAPERSU) of this municipality, in particular the second: "Implementation of a door to door separate collection system, at the residential level" topic studied within the frame of the present dissertation. The specific objectives of the work consisted of: i) study possible areas to be covered by the system and the subsequent definition and characterization of a pilot area; ii) characterize the current status of collection in that area; iii) set the door to door system to implement, essentially in terms of the type of equipments to be used, collection frequency and definition of collection routes; and, iv) evaluate the economic impacts of the system.

The selected pilot zone, located at Anta and Guetim localities, represents 29 % of the area of the Municipality, showing 2 152 dwellings and 5 182 inhabitants, with predominating buildings consisting of one or two residences. In the pilot zone, about 0.19 kg of paper and cardboard, 0.26 kg of plastic and metal, 0.10 kg of glass and 0.77 kg of the remaining components are produced per day and inhabitant. The project predicts the installation of 5 715 containers for the collection of the multi-material fraction, considering predominantly the capacities of 80 and 140 L. The system was projected for a weekly collection frequency for plastic and metal, fortnightly for paper and cardboard, and monthly for glass, and demands the implementation of 3 circuits for the collection of plastic and metal, 2 circuits for paper and cardboard and 1 circuit for glass, to collect 356 t/year, covering a minimum distance of 93.6 km, based on the application of *Floyd* and *Clarke* and *Wright* algorithms.

The analysis of the total cost of collection and treatment indicates an increase by about 5% (10 164.06 €) compared to the system currently applied (collection by *Ecopontos*), resulting in a greater effort in terms of human resources. However, the unit cost of selective collection is reduced compared to the current system, passing from 159.56 €/t to 153.67 €/t. It should be noted that the implementation of the new system requires a high initial investment cost, especially in containers (195 602.7 €), being around 75% higher than the applicable to the collection system current employed (*Ecopontos*).

**Keywords:** Municipal Waste, Separate Collection, Door to Door Collection, Multi-material Recycling.



## Índice

<b>Agradecimentos.....</b>	<b>v</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>xv</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>xvii</b>
<b>Lista de Símbolos e Abreviaturas.....</b>	<b>xxi</b>
<b>Capítulo 1: Enquadramento .....</b>	<b>1</b>
1.1. Breve Exposição do Tema.....	1
1.2. Âmbito e Objetivos .....	3
1.3. Descrição da Entidade Acolhedora .....	4
1.3.1. A Lipor.....	4
1.3.2. A Divisão de Serviços Básicos e Ambiente da Câmara Municipal de Espinho .....	5
1.4. Estrutura do Documento.....	5
<b>Capítulo 2: Introdução .....</b>	<b>7</b>
2.1. Resíduos Urbanos .....	7
2.1.1. Composição Física.....	8
2.1.2. Produção .....	10
2.2. Enquadramento Legislativo.....	12
2.2.1. Nível Comunitário .....	12
2.2.2. Nível Nacional .....	13
2.2.3. Nível Municipal .....	14
2.3. Gestão de Resíduos Urbanos.....	15
2.3.1. Soluções Conferidas aos Resíduos Urbanos .....	16
2.4. Recolha.....	19
2.4.1. Recolha Seletiva.....	21
2.5. Implementação de Sistemas de Recolha Seletiva Porta a Porta .....	27
2.6. Recolha Seletiva Porta a Porta: <i>Benchmarking</i> .....	28

2.6.1. Descrição da Experiência da Recolha Seletiva Porta a Porta em França ....	32
<b>Capítulo 3: Município de Espinho .....</b>	<b>35</b>
3.1. Caracterização das Freguesias .....	35
3.2. Análise Quantitativa e Qualitativa dos Resíduos Urbanos Gerados.....	38
3.3. Recolha de Resíduos .....	40
3.3.1. Recolha Seletiva em Ecopontos .....	40
3.3.2. Recolha Seletiva em Ecocentros .....	42
3.3.3. Recolha Seletiva em Comércio e Serviços .....	42
3.3.4. Recolha Seletiva de Orgânicos .....	43
3.3.5. Recolha Seletiva de Verdes .....	43
3.3.6. Outras Recolhas Seletivas .....	44
3.3.7. Recolha Indiferenciada .....	44
3.4. Sistema Tarifário de Resíduos Urbanos.....	45
3.5. Cumprimento das Metas Estabelecidas no PERSU 2020.....	46
<b>Capítulo 4: Projeto do Sistema de Recolha Seletiva Porta a Porta .....</b>	<b>49</b>
4.1. Definição da Zona Piloto .....	49
4.2. Caracterização da Zona Piloto .....	52
4.2.1. População .....	52
4.2.2. Tipologia Habitacional .....	53
4.2.3. Esquema Atual de Recolha de Resíduos .....	55
4.3. Definição do Sistema a Implementar .....	57
4.3.1. Cálculo da Produção de Resíduos na Zona Piloto.....	57
4.3.2. Definição de Frequências de Recolha .....	61
4.3.3. Dimensionamento dos Equipamentos de Deposição a Instalar .....	61
4.3.4. Estimativa das Quantidades Totais de Resíduos Recolhidos .....	65
4.3.5. Viatura de Recolha .....	66
4.3.6. Definição de Circuitos de Recolha .....	66
4.4. Impactos Económicos do Sistema a Implementar .....	75
4.4.1. Custos do Sistema de Recolha Atual.....	75
4.4.2. Custos do Sistema de Recolha Porta a Porta a Implementar .....	77
4.4.3. Análise dos Benefícios do Sistema Porta a Porta.....	79
<b>Capítulo 5: Conclusões .....</b>	<b>83</b>
<b>Capítulo 6: Propostas de Trabalhos Futuros .....</b>	<b>85</b>
Referências Bibliográficas .....	87
<b>Capítulo 7: ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

Anexo I - Contentores Móveis para Recolha Seletiva Porta a Porta .....	95
Anexo II - Vias abrangidas pela implementação do sistema de recolha porta a porta na zona 1 .....	97
Anexo III - Obtenção das massas volúmicas sem compactação.....	101
Anexo IV - Quantidades de resíduos recolhidos por edifício .....	103
Anexo V - Distância desde o Ponto de Saída do Município até à Lipor .....	105
Anexo VI - Circuitos de recolha Porta a Porta para a fração embalagens plásticas e metálicas .....	107
Anexo VII - Orçamentos de equipamentos de deposição de resíduos.....	109
Anexo VIII - Obtenção do Custo Unitário dos Contentores de 500 L .....	111



## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1</b> – Área de intervenção da Lipor. ....	4
<b>Figura 2.1</b> – Caracterização física média dos RU produzidos na Europa, 2005 .....	9
<b>Figura 2.2</b> – Caracterização física média dos RU produzidos em Portugal Continental, 2014 ..	9
<b>Figura 2.3</b> – Produção de RU (kg/habitante), na UE-27 e em Portugal, no período 2000-2014 .	11
<b>Figura 2.4</b> – Sistemas de Gestão de Resíduos em Portugal Continental .....	16
<b>Figura 2.5</b> – Destino dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental, entre 2010 e 2014. ....	18
<b>Figura 2.6</b> - Proporção da recolha indiferenciada e seletiva, face ao total de Resíduos Urbanos recolhidos em Portugal entre 1995 e 2014.....	20
<b>Figura 2.7</b> – Recolha seletiva multimaterial, em Portugal, face à meta prevista para 2020. ....	21
<b>Figura 3.1</b> – Município de Espinho.....	35
<b>Figura 3.2</b> – Evolução da Produção de RU, no Município de Espinho, entre 2005 e 2015 .....	38
<b>Figura 3.3</b> – Composição física dos Resíduos Urbanos indiferenciados do Município de Espinho, em 2014.....	40
<b>Figura 3.4</b> – Cobertura de ecopontos (raio de influência de 200 m) no Município de Espinho, no ano 2014 .....	41
<b>Figura 3.5</b> – Evolução do indicador sustentabilidade económica da gestão do serviço de resíduos, entre 2012 e 2014, no Município de Espinho. ....	46
<b>Figura 4.1</b> – Mapa do Município de Espinho: A) Delimitação das possíveis zonas de implementação do sistema Porta a Porta, evidenciando os eixos de via e a delimitação das freguesias; B) Realce das possíveis zonas de implementação do sistema Porta a Porta .....	50
<b>Figura 4.2</b> – Delimitação da Zona Piloto (Zona 1) (ArcGis). ....	52
<b>Figura 4.3</b> – Tipologia de habitação predominante na zona piloto (20-04-2016).....	54
<b>Figura 4.4</b> – Outras tipologias de habitação: A- Edifício com 4 alojamentos; B- Edifício com 5 alojamentos; C- Edifício com 6 alojamentos; D- Edifício com 7 alojamentos; (18-05-2016)....	55
<b>Figura 4.5</b> – Soluções de contentorização existentes na zona piloto (20-04-2016). ....	56
<b>Figura 4.6</b> – Localização e raio de influência (200m) dos ecopontos localizados na zona piloto. ....	56
<b>Figura 4.7</b> – Viatura utilizada para recolha seletiva de ecopontos (18-05-2016).....	57

<b>Figura 4.8</b> – Viaturas utilizadas para a recolha de Resíduos Urbanos indiferenciados (18-05-2016). .....	57
<b>Figura 4.9</b> – Viatura de recolha seletiva, com placa e grua. ....	66
<b>Figura 4.10</b> – Localização do ponto de saída do camião, ecopontos na zona piloto e local de saída do Município (ArcGis).....	68
<b>Figura 4.11</b> – Circuito estabelecido para recolha de ecopontos, na zona piloto (ArcGis). .....	69
<b>Figura 4.12</b> – Localização do ponto de saída do camião, números de porta na zona piloto, e local de saída do Município (ArcGis). ....	70
<b>Figura 4.13</b> – Circuitos estimados para recolha Porta a Porta de resíduos de plástico/metal, na zona piloto (ArcGis).....	71
<b>Figura III.1</b> – Massas volúmicas de alguns componentes dos resíduos. ....	101
<b>Figura III.2</b> – Massas volúmicas típicas de alguns componentes de resíduos.....	101
<b>Figura V.1</b> – Distância Espinho-Lipor, determinada a partir da ferramenta Google Maps.....	105
<b>Figura VI.1</b> – Realce do circuito 1 de recolha de Porta a Porta da fração plástico/metal (ArcGis).....	107
<b>Figura VI.2</b> – Realce do circuito 2 de recolha de Porta a Porta da fração plástico/metal (ArcGis) .....	108
<b>Figura VI.3</b> – Realce do circuito 3 de recolha de Porta a Porta da fração plástico/metal (ArcGis). ....	108
<b>Figura VII.1</b> – Orçamento de equipamentos de deposição de resíduos, fornecido pela empresa 1. ....	109
<b>Figura VII.2</b> – Orçamento de equipamentos de deposição de resíduos, fornecido pela empresa 2. ....	109
<b>Figura VII.3</b> – Orçamento de equipamentos de deposição de resíduos, fornecido pela empresa 3. ....	110
<b>Figura VIII.1</b> – Obtenção da regressão polinomial o para cálculo do custo unitário de um contentor de 500 L. ....	111



## Lista de Tabelas

<b>Tabela 2.1</b> – Quantidades de materiais rececionados na Lipor, destinos e materiais resultantes das operações de gestão, em 2015.....	19
<b>Tabela 2.2</b> – Principais equipamentos utilizados na recolha seletiva por transporte voluntário.	23
<b>Tabela 2.3</b> – Principais equipamentos utilizados na recolha seletiva porta a porta.....	25
<b>Tabela 2.4</b> – Experiências de recolha seletiva Porta a Porta, a nível nacional e internacional, e principais resultados obtidos. ....	29
<b>Tabela 2.5</b> – Casos de implementação de sistemas de recolha seletiva porta a porta, em Portugal. ....	31
<b>Tabela 2.6</b> – Aumento percentual de quantidades retomadas per capita do sistema PaP face ao sistema de recolha por ecopontos.....	33
<b>Tabela 3.1</b> – Análise das freguesias em termos de população, área e densidade populacional .	36
<b>Tabela 3.2</b> – Distribuição da população por grupo etário e grau de habilitações, por freguesia.	37
<b>Tabela 3.3</b> – Caracterização do Número de alojamentos e edifícios, e distribuição dos alojamentos por edifício .....	37
<b>Tabela 3.4</b> – Quantidade de Resíduos Urbanos produzidos no Município e rececionados pela Lipor, em 2015.....	39
<b>Tabela 3.5</b> – Equipamentos de deposição seletiva existentes no Município de Espinho .....	41
<b>Tabela 3.6</b> – Frequências de recolha de ecopontos, no Município de Espinho .....	42
<b>Tabela 3.7</b> – Equipamentos de deposição de resíduos indiferenciados existentes no Município de Espinho .....	44
<b>Tabela 3.8</b> – Resultados face às metas do PERSU 2020 para o Sistema Lipor e para o Município de Espinho. ....	47
<b>Tabela 4.1</b> – Vantagens e inconvenientes das possíveis zonas piloto. ....	50
<b>Tabela 4.2</b> – Distribuição dos alojamentos por tipo de edifício, número de edifícios e número de residentes da zona piloto. ....	53
<b>Tabela 4.3</b> – Equipamentos de deposição, seletiva e indiferenciada, existentes na zona piloto . .....	55
<b>Tabela 4.4</b> – Análise da evolução da população do Município de Espinho. ....	58
<b>Tabela 4.5</b> – Capitação dos resíduos provenientes de ecopontos e ecocentros dos munícipes de Espinho.....	58

<b>Tabela 4.6</b> – Percentagem das tipologias de recicláveis em estudo nos resíduos urbanos indiferenciados, conforme a caracterização efetuada para o Município. ....	59
<b>Tabela 4.7</b> – Capitação das diferentes tipologias de resíduos presentes nos resíduos indiferenciados dos municípios de Espinho. ....	59
<b>Tabela 4.8</b> – Capitação das tipologias de recicláveis em estudo e de indiferenciado (resto) para o Município de Espinho. ....	59
<b>Tabela 4.9</b> – Produção de resíduos na zona piloto por dia e por alojamento. ....	60
<b>Tabela 4.10</b> – Massas volúmicas para os diferentes fluxos, com e sem compactação (kg/m <sup>3</sup> )..	60
<b>Tabela 4.11</b> – Produção de resíduos por edifício, conforme o número de alojamentos, para diferentes períodos de tempo e proposta dos equipamentos a instalar. Realçado a cinza estão os períodos de recolha por tipo de resíduo. ....	62
<b>Tabela 4.12</b> – Frequências de recolha para o sistema Porta a Porta a implementar. ....	63
<b>Tabela 4.13</b> – Equipamentos de deposição a instalar por edifício, tendo por base o número de alojamentos e as quantidades de resíduos produzidos. ....	64
<b>Tabela 4.14</b> – Total de contentores a instalar para os dois cenários apresentados. ....	64
<b>Tabela 4.15</b> – Estimativa da quantidade total de resíduos recolhidos a quando da recolha, para os diferentes fluxos e cenários. ....	65
<b>Tabela 4.16</b> – Distância percorrida em cada circuito e obtenção da distância total para a recolha da fração embalagens plásticas e metálicas. ....	72
<b>Tabela 4.17</b> – Distâncias totais percorridas para cada fluxo, conforme o número de circuitos, e obtenção da distância total dos circuitos. ....	72
<b>Tabela 4.18</b> – Indicadores temporais de circuitos de recolha de resíduos urbanos ....	73
<b>Tabela 4.19</b> – Velocidades da viatura para sistemas de recolha Porta a Porta e estimativa do tempo necessário para um percurso de recolha. ....	73
<b>Tabela 4.20</b> – Tempo requerido para a concretização dos circuitos de recolha de ecopontos ou Porta a Porta, consoante a fração multimaterial recolhida. ....	74
<b>Tabela 4.21</b> – Custos totais dos equipamentos de deposição instalados atualmente na zona piloto. ....	75
<b>Tabela 4.22</b> – Custos horários dos recursos humanos afetos à recolha. ....	75
<b>Tabela 4.23</b> – Custos dos recursos humanos por circuito. ....	76
<b>Tabela 4.24</b> – Custos afetos aos recursos humanos, por ano, para recolha de ecopontos. ....	76
<b>Tabela 4.25</b> – Custos associados ao consumo de combustível, em função da distância percorrida. ....	76
<b>Tabela 4.26</b> – Síntese de custos do sistema de recolha de resíduos atualmente implementado na zona piloto. ....	77

<b>Tabela 4.27</b> – Custos dos equipamentos de deposição a instalar no sistema de recolha Porta a Porta. ....	77
<b>Tabela 4.28</b> – Custos dos recursos humanos afetos à recolha seletiva Porta a Porta. ....	78
<b>Tabela 4.29</b> – Custos afetos aos recursos humanos, por ano, para recolha Porta a Porta. ....	78
<b>Tabela 4.30</b> – Custos associados ao consumo de combustível, em função da distância percorrida, para o sistema de recolha Porta a Porta. ....	78
<b>Tabela 4.31</b> – Síntese de custos do sistema de recolha Porta a Porta a implementar na zona piloto. ....	79
<b>Tabela 4.32</b> – Comparação de custos entre o sistema atual e o sistema a implementar. ....	79
<b>Tabela I.1</b> – Exemplos de contentores para recolha seletiva Porta a Porta. ....	95
<b>Tabela II.1</b> – Vias abrangidas pelo projeto de recolha seletiva Porta a Porta. ....	97
<b>Tabela III.1</b> – Obtenção das massas volúmicas em contentor a partir dos dados presentes na literatura e da composição dos RU indiferenciados .....	102
<b>Tabela IV.1</b> – Quantidade de resíduos recolhidos por edifício, conforme o número de alojamentos .....	103
<b>Tabela VIII.1</b> – Dados base para obtenção do custo unitário de um contentor de 500 L. ....	111



## Lista de Símbolos e Abreviaturas

CME	Câmara Municipal de Espinho
DD	Divisão de Desporto
DEJ	Divisão de Educação e Juventude
DGAFT	Divisão de Gestão Administrativa, Financeira e Turismo
DGRH	Divisão de Gestão de Recursos Humanos
DOM	Divisão de Obras Municipais
DQR	Diretiva Quadro de Resíduos (Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro)
DSBA	Divisão de Serviços Básicos e Ambiente
ECAL	Embalagens de Cartão para Alimentos Líquidos
EGF	Empresa Geral do Fomento
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
INE	Instituto Nacional de Estatística
LER	Lista Europeia de Resíduos
OAU	Óleos Alimentares Usados
P&A	Pilhas e Acumuladores
PaP	Porta a Porta
PAPERSU	Plano de Ação do PERSU 2020
PAYT	<i>Pay as You Throw</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU I - aprovado em 1997; PERSU II - horizonte 2007-2016, PERSU 2020 – horizonte 2014 - 2020)
PET	Polietileno Teraftalato
RARU	Relatório Anual de Resíduos Urbanos
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
RU	Resíduos Urbanos
RUB	Resíduos Urbanos Biodegradáveis
SGRU	Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SMAUT	Sistemas Municipais e Autarquias
SPV	Sociedade Ponto Verde
TM	Tratamento Mecânico
TMB	Tratamento Mecânico-Biológico
UE	União Europeia

# Capítulo 1

## Enquadramento

### 1.1. Breve Exposição do Tema

A produção de resíduos é consequência do uso de recursos no quotidiano, sendo desta forma transversal a todas as atividades humanas (APA, 2008). Esta tem origem em várias fases do metabolismo socioeconómico, desde que os recursos são extraídos até ao momento em que os produtos finais passam a não ter interesse para o consumidor (Portaria 187-A/2014).

Apesar de no passado a problemática dos resíduos apresentar menor relevância, uma vez que a produção era reduzida e os resíduos gerados eram essencialmente orgânicos, sendo reciclados domesticamente; após a Revolução Industrial, no século XVIII, o aumento da população mundial aliado ao crescente desenvolvimento industrial e tecnológico desencadearam um aumento exponencial no consumo de recursos e, consequentemente, da produção de resíduos sólidos, incrementando a preocupação das sociedades face à sua correta gestão (Russo, 2003; Williams, 2005).

Somente no século XX a Humanidade reconheceu que os recursos naturais eram limitados (Pereira, 2009). Segundo a Comissão das Comunidades Europeias, os resíduos constituem, assim, um desafio económico, social e ambiental, estando, nas últimas décadas, patente nas políticas ambientais da União Europeia (UE) (CCE, 2005).

Atualmente, as políticas Europeias de gestão de resíduos assentam, em grande parte, na adoção do princípio da “hierarquia dos resíduos”, definida na Diretiva Quadro de Resíduos (DQR - Diretiva 2008/98/CE) e transposta para âmbito nacional pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho (artigo 7.º), revogando o anterior Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro. Neste contexto, segundo a DQR, a hierarquia dos resíduos “*estabelece uma ordem de prioridades do que constitui geralmente a melhor opção ambiental global na legislação e política de resíduos*”, sendo estas: Prevenção e

Redução, Preparação para a Reutilização, Reciclagem, Outros tipos de valorização e Eliminação. Deste modo, pretende-se tornar a UE numa “sociedade de reciclagem”, devendo-se em primeira instância evitar a produção de resíduos e, após a sua geração, incentivar a sua valorização, em prol da eliminação, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e promovendo a visão dos resíduos como recursos.

Quando se fala em gestão de resíduos, os resíduos urbanos (RU) assumem especial atenção, devendo a sua gestão englobar a recolha, transporte, tratamento e destino final. No ano de 2014, em Portugal, foram produzidas cerca de 4 719 kt de resíduos urbanos, cuja taxa de preparação para reutilização e reciclagem de RU se situa nos 29% (APA, 2015). Este percentual registado encontra-se, ainda, longe das metas preconizadas pelo PERSU 2020 (Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos, aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro), que constitui o principal documento de referência ao nível das políticas de gestão de RU em Portugal Continental, alterando o anterior PERSU II. Assim, um dos objetivos consagrados no PERSU 2020 passa pelo aumento da preparação para reutilização, da reciclagem e da qualidade dos recicláveis, estabelecendo-se como meta nacional para 2020 o aumento para 50% da preparação para reutilização e reciclagem de RU, nos quais se inclui o papel, cartão, plástico, vidro, metal, madeira e RUB (resíduos orgânicos biodegradáveis). Esta meta é calculada, de acordo com o estabelecido no PERSU 2020, como o quociente entre a soma dos resíduos provenientes de recolha seletiva (papel e cartão, plástico, metal, vidro e madeira), acrescidos dos recicláveis provenientes do Tratamento Mecânico (TM) (papel e cartão, plástico, metal, vidro e madeira) e dos resíduos provenientes da valorização de RUB (RUB valorizados com origem na recolha indiferenciada (TMB) e recolhidos seletivamente), sobre a produção de RU recicláveis (plástico, metal, vidro, pilhas, RUB, REE). No ano 2012 este valor situava-se ao nível nacional ligeiramente acima dos 25%. Neste contexto, o incremento da recolha seletiva é uma das prioridades de ação a levar a cabo com vista ao cumprimento das metas expostas.

Em termos organizacionais, a gestão de RU em Portugal Continental é assegurada por 23 Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU), nos quais se insere a Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. Com vista a alcançar as metas definidas a nível nacional, definiram-se metas por sistema de gestão, que no seu conjunto levam a que o cumprimento das metas nacionais seja possível. Assim, para o Sistema Lipor, definiram-se como metas, neste âmbito, 50 kg/hab como retomas de materiais com origem em recolha seletiva e 35% como meta de preparação



para reutilização e reciclagem, estando, de igual modo, estes valores estabelecidos no PERSU 2020.

Por forma a alcançar as metas estabelecidas para cada sistema de gestão, é necessário que cada município dê o seu contributo. O Município de Espinho integra-se no sistema Lipor e, os seus resultados de 24,75 kg/hab como retomas de recolha seletiva e 15,84% como preparação para reutilização e reciclagem, em 2014, levaram-no a definir vários eixos de intervenção, que constam do seu PAPERSU (Plano de Ação do PERSU 2020) com vista a contribuir para o alcance das metas estabelecidas no PERSU 2020 (CME, 2015).

A implementação de um sistema de recolha seletiva porta a porta (PaP), ao nível residencial, contribui para o incremento da recolha seletiva multimaterial, que constitui o segundo eixo de ação do PAPERSU do Município de Espinho. Pretende-se, por isso, inicialmente, implementar este sistema numa zona piloto do Município, perspetivando-se que no futuro este possa ser alargado a praticamente todo o Concelho, tornando-o num marco em termos de reciclagem, quer para o Sistema Lipor, quer a nível nacional.

Assim, a presente dissertação recai sobre o estudo de implementação de um sistema de recolha seletiva PaP, no setor residencial, no Município de Espinho. Pretende-se concretizar o estudo de uma zona piloto, para a qual se conceberá o projeto do sistema de recolha, incluindo o tipo de equipamentos, veículo e frequências de recolha a adotar, os circuitos de recolha bem como uma análise crítica dos impactos económicos associados, relativamente à situação atual.

## **1.2. Âmbito e Objetivos**

A presente Dissertação visa a conclusão do ciclo de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), por forma à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

O trabalho foi desenvolvido em ambiente empresarial, cuja entidade promotora do projeto foi a Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, com estreita colaboração da Divisão de Serviços Básicos e Ambiente (DSBA) da Câmara Municipal de Espinho.

Os estudos foram realizados entre fevereiro e junho de 2016, centrando-se na conceção de um sistema de recolha seletiva PaP, no setor residencial, no Município de Espinho. A implementação do projeto não será imediata, pelo que o trabalho

desenvolvido consiste num estudo preliminar das condições e meios necessários para a implementação deste em 2017.

Neste contexto, definiram-se alguns objetivos específicos que passam por:

- Estudo das zonas residenciais a abranger e subsequente definição de uma zona piloto;
- Conceção do projeto, no qual é necessário caracterizar a zona piloto (em termos de área, população residente, tipos de alojamentos, densidade demográfica, entre outros fatores), estudar a situação atual de recolha e, por fim, definir o sistema PaP a implementar, essencialmente em termos de tipo de equipamento a utilizar, frequência de recolha e definição de circuitos;
- Análise dos impactos do projeto em termos de taxas de recuperação;
- Avaliação dos impactos económicos do sistema a implementar, comparando para tal a gestão atualmente em vigor com a que se pretende implementar.

### 1.3. Descrição da Entidade Acolhedora

Como já referido, a presente dissertação foi promovida pela Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, com estreita colaboração da Câmara Municipal de Espinho, mais concretamente da Divisão de Serviços Básicos e Ambiente (DSBA), pelo que se passam a descrever sucintamente as referidas entidades.

#### 1.3.1. A Lipor

A LIPOR é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento de RU produzidos por 8 municípios associados (Figura 1.1): Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa do Varzim, Valongo e Vila do Conde que, no seu conjunto, correspondem a uma área de influência de aproximadamente 646 km<sup>2</sup>, onde a população servida ronda um milhão de habitantes, com uma produção anual de RU de cerca de 500 kt. Representa, assim, cerca de

1 % do território nacional em termos de área de influência, concentrando 10 % da população. Atualmente, a Lipor rege-se pela Lei n.º 75/2013, de 12 de setembro, que “estabelece o regime jurídico das autarquias locais, aprova o estatuto das entidades



Figura 1.1 – Área de intervenção da Lipor (Lopes, 2009).

*intermunicipais e define o regime jurídico da transferência de competências do Estado para as Autarquias Locais e para as entidades Intermunicipais” (Lipor, 2015b, 2016).*

Foi constituída como Associação de Municípios em 1982, e, atualmente, apresenta dois polos, localizados em Baguim do Monte e em Moreira da Maia, sendo que a estratégia de gestão assenta em três pilares fundamentais de Valorização: Multimaterial, Orgânica e Energética, sendo estas complementadas com um Aterro que receciona os resíduos que não possuem potencial de valorização (Lipor, 2015b, 2016).

### **1.3.2. A Divisão de Serviços Básicos e Ambiente da Câmara Municipal de Espinho**

A Câmara Municipal de Espinho (CME) constitui o órgão autárquico do Município de Espinho, localizado no distrito de Aveiro e pertencente à Área Metropolitana do Porto. Este Município é composto por quatro freguesias, nomeadamente Espinho, Silvalde, União das freguesias de Anta e Guetim, e, Paramos, cabendo à CME estabelecer e executar políticas, por forma a defender os interesses e a satisfazer as necessidades da sua população (AMA, 2015).

Conforme estabelecido no Despacho n.º 388/2015, artigo 6.º, correspondente ao Regulamento de Organização dos Serviços Municipais, para o Município de Espinho e, nos termos do Decreto-Lei n.º 305/2009, de 23 de outubro, foi aprovada a reformulação da estrutura orgânica dos serviços municipais. Neste contexto, e segundo o artigo 7.º do referido Despacho, a CME estrutura-se em torno de seis unidades orgânicas flexíveis, correspondentes a divisões municipais: Divisão de Gestão Administrativa, Financeira e Turismo (DGAFT); Divisão de Gestão de Recursos Humanos (DGRH); Divisão de Serviços Básicos e Ambiente (DSBA); Divisão de Obras Municipais (DOM); Divisão de Desporto (DD); Divisão de Educação e Juventude (DEJ). Cabe, assim, à DSBA, conforme o artigo 11.º do Despacho n.º 388/2015, no que toca à gestão de resíduos, *“promover a recolha de resíduos sólidos e a limpeza das vias e locais públicos; (...) Garantir e assegurar a prossecução das atribuições do município em matéria de gestão de resíduos, nos termos da legislação aplicável; (...) Supervisionar os equipamentos eletromecânicos de recolha de resíduos sólidos urbanos do Município;”*.

## **1.4. Estrutura do Documento**

Com vista à organização clara dos conteúdos apresentados, o presente documento encontra-se dividido em seis capítulos, excluindo Referências Bibliográficas e Anexos.

Num primeiro capítulo, designado Enquadramento, faz-se uma breve exposição da temática a abordar, bem como a apresentação dos objetivos do trabalho e das entidades promotoras do projeto (Lipor, com estreita colaboração da CME).

O capítulo 2 é um capítulo introdutório, no qual se apresenta uma abordagem aos Resíduos Urbanos (RU), incluindo definição, fontes e fatores de influência na sua produção, e ao enquadramento legislativo comunitário e nacional que está na base da gestão de resíduos em Portugal e com relevância para o presente trabalho. Ainda neste capítulo é realizada uma análise da produção de resíduos na União Europeia (UE) e em Portugal, em termos qualitativos e quantitativos, bem como a atual gestão de resíduos a nível nacional. De seguida apresenta-se a temática da recolha de resíduos, com especial destaque para a recolha seletiva Porta a Porta (PaP), culminando com a apresentação de alguns casos, nacionais e internacionais, onde este tipo de recolha é efetuada.

No terceiro capítulo é analisada a situação atual do Município de Espinho em termos de gestão de RU, apresentando-se uma breve descrição das características do Concelho, por freguesia, assim como do modelo atual em termos de gestão de resíduos.

O quarto capítulo é destinado à execução do projeto. Neste, após definida a zona piloto a estudar, é elaborada a sua caracterização (em termos de área, população, tipo de alojamentos, entre outros) e avaliação quantitativa e qualitativa da situação atual de recolha na zona. Seguidamente, é projetado com base em estudos de campo e teóricos o tipo de sistema a implementar, em termos de equipamentos, frequências e circuitos de recolha, estando posteriormente reunidas as condições para definir resultados esperados em termos de taxa de recuperação da fração multimaterial dos resíduos. Posteriormente é realizada uma análise económica e financeira do sistema a aplicar, com uma breve comparação com a situação atual.

O quinto capítulo é destinado à apresentação das principais conclusões retiradas do estudo realizado.

Por fim, o trabalho culmina com o sexto capítulo, no qual são estabelecidas algumas propostas para trabalhos futuros e recomendações a executar no seguimento da presente dissertação.

## Capítulo 2

### Introdução

O conceito de resíduo pode ser considerado subjetivo, uma vez que o que uma pessoa/entidade considera resíduo pode ser considerado como um recurso valioso para outra. Neste sentido, um consenso relativo a definições e classificações dos resíduos é fundamental por forma a permitir a elaboração de planos de gestão de resíduos claros e transversais ao nível local, regional e nacional (Williams, 2005). A um nível geral, e em termos Europeus, a DQR, transposta para nível nacional pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que altera e republica o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, estabelece que resíduos são *“quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou a obrigação de se desfazer”*.

#### 2.1. Resíduos Urbanos

A classificação dos resíduos não é uniforme para todos os países. Por forma a uniformizar os critérios de classificação de resíduos, na UE, esta é efetuada através da Lista Europeia de Resíduos (LER), publicada pela Decisão 2000/532/CE, de 3 de maio, e em Direito Nacional pela Portaria n.º 209/2004, de 3 de março, com alterações conferidas pela Decisão da Comissão 2014/955/UE, que agrupa os resíduos em vinte categorias sendo que cada uma delas se subdivide em várias subcategorias. Neste contexto, são considerados RU os constantes no capítulo 20, intitulado “Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente.”, podendo também ser classificados como RU os constantes no capítulo 15 01 (“Resíduos de embalagens/Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente)”), desde que sejam provenientes de agregados familiares, setor dos serviços, indústria ou estabelecimentos comerciais (APA, 2016).

Em Portugal, a definição de RU não permaneceu constante ao longo do tempo, apresentando evoluções no que respeita à sua abrangência. Assim, segundo o Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de setembro, apenas eram considerados RU *“os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1100 l por produtor”*. Atualmente, o conceito de RU é mais ampliado, englobando todos os resíduos semelhantes aos domésticos e não apresentando limitações quanto às quantidades produzidas. Neste contexto, de acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, entende-se por RU todo *“o resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações”*. Note-se que, deste modo, são considerados RU os produzidos por agregados familiares (resíduos domésticos) e por pequenos ou grandes produtores de resíduos semelhantes (produções diárias inferiores ou, iguais ou superiores a 1 100 L, respetivamente). Contudo, apesar de se considerar a mesma tipologia de resíduos, existe diferenciação no que toca às responsabilidades de gestão, cabendo a responsabilidade aos municípios, nos casos em que as produções diárias são inferiores a 1 100 L, e aos respetivos produtores nos restantes casos (APA, 2016). Os RU englobam, assim, resíduos de diferentes origens tais como hospitalares, industriais, de atividades de construção e demolição, domésticos e comerciais, que pela sua natureza ou composição sejam semelhantes aos provenientes de habitações. A origem numa quantidade elevada e dispersa de produtores, embora essencialmente domésticos, coloca desafios à sua gestão.

### **2.1.1. Composição Física**

A composição física dos RU constitui um reflexo dos padrões de consumo, hábitos alimentares e estrutura social das populações (Ludwig et al., 2003). Conhecer a composição dos resíduos é um elemento fulcral para várias ações relacionadas com a sua gestão, como é o caso de: seleção do tipo de armazenamento e transporte mais adequado; determinação do potencial de recuperação de recursos; seleção do método adequado de valorização ou eliminação; e, determinação do impacto ambiental provocado pelos resíduos quando geridos incorretamente (UNEP, 2005).

Os principais constituintes dos RU são os resíduos orgânicos biodegradáveis (com maior relevância), papel e plástico, vidro, têxteis e compósitos (Williams, 2005). Nas

Figuras 2.1 e 2.2 apresenta-se a composição física dos RU produzidos na Europa e em Portugal, respetivamente, sendo que no caso da Europa os dados mais recentes de caracterização física disponíveis remetem ao ano 2005.

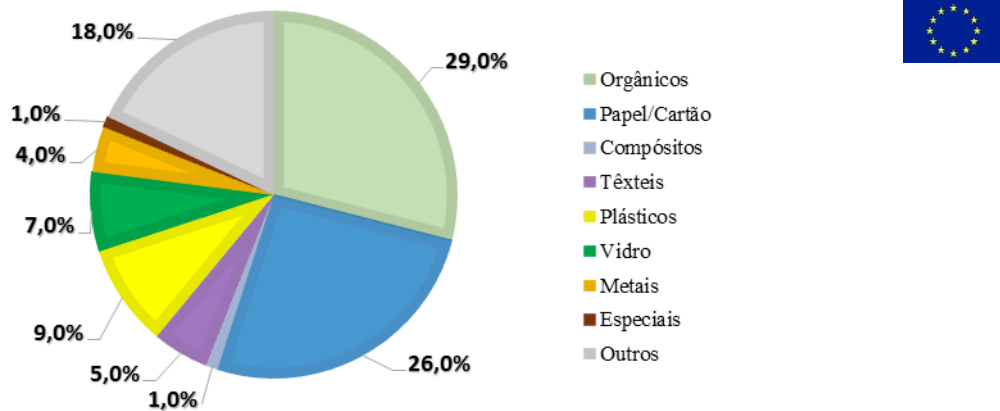


Figura 2.1 – Caracterização física média dos RU produzidos na Europa, 2005 (Visvanathan et al., 2006).

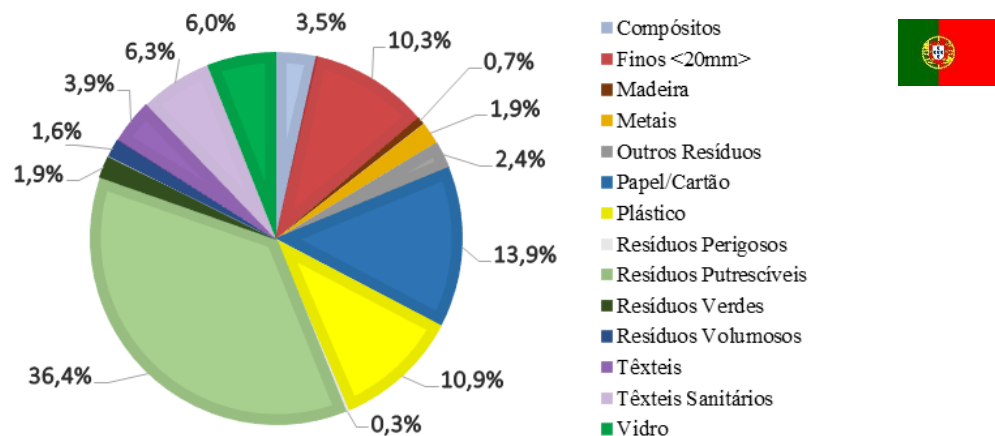


Figura 2.2 – Caracterização física média dos RU produzidos em Portugal Continental, 2014 (APA, 2015).

Por análise da Figura 2.1, verifica-se que na Europa a composição dos resíduos, em 2005, aponta para uma predominância dos resíduos orgânicos e dos resíduos de papel/cartão. Contudo, a interpretação da distribuição percentual apresentada ostenta algumas limitações dada a heterogeneidade de metodologias de caracterização adotadas pelos diferentes países, bem como devido ao facto de existirem variações no conceito de RU entre os diferentes países europeus (UE, 2014b; Visvanathan et al., 2006). De facto, a divisão em categorias para os diferentes países introduz diferentes tipos de resíduos dentro destas, para além dos RU, não sendo possível desagregá-los especificamente. Por sua vez, a Figura 2.2 representa a composição física média dos RU produzidos em Portugal Continental, no ano de 2014, efetuada segundo a Portaria n.º 851/2009, de 7 de agosto. Pode verificar-se que os resíduos putrescíveis (orgânicos biodegradáveis) e de papel e cartão são aqueles que apresentam um maior percentual, constatando-se, ainda,

que a fração de resíduos recicláveis, isto é, resíduos putrescíveis, verdes, vidro, compósitos, madeira, metais, papel e cartão e plástico, é bastante significativa (cerca de 73%). Tal facto justifica a adoção de medidas com vista à sua recuperação (APA, 2015).

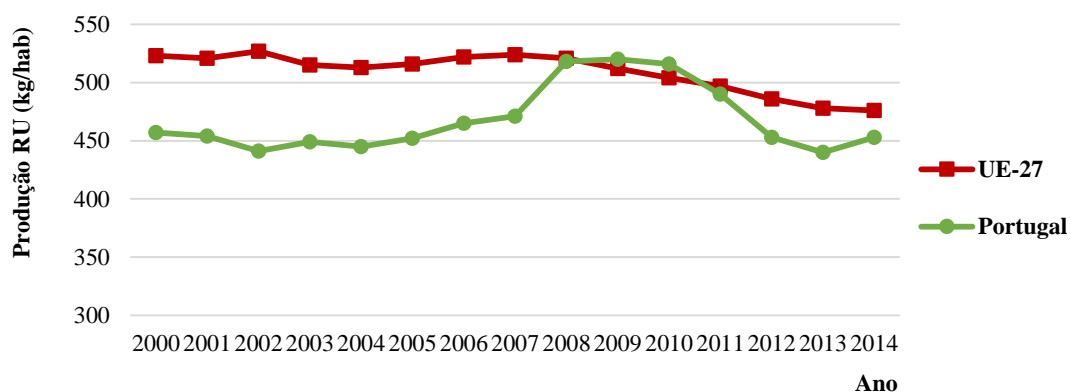
A comparação direta dos resultados obtidos para a Europa e para Portugal Continental não é fidedigna dada a heterogeneidade dos dados relativos à Europa e do próprio conceito de RU utilizado entre os vários países, tal como já referido, e também por se tratarem de caracterizações para anos bastante díspares. Apesar disso, percebe-se que a tendência de Portugal segue a Europeia em termos de predominância de resíduos orgânicos e de papel/cartão.

### **2.1.2. Produção**

A produção de resíduos está associada a diferentes fatores que induzem variabilidades, incrementando-a ou reduzindo-a. Neste contexto, os principais fatores que influenciam e determinam a produção de resíduos passam pela situação económica da população, clima e estação do ano, hábitos da população, tipos de urbanização, características económicas da região e eficiência dos serviços de recolha dos resíduos (Russo, 2003). Adicionalmente, as tendências de urbanização da população acarretam um aumento da produção de resíduos *per capita*, uma vez que as populações urbanas tendem a possuir rendimentos mais elevados, levando a um maior consumo de produtos e, conseqüentemente, maior produção de resíduos, quando comparadas com zonas rurais. Note-se que os fatores apresentados não possuem somente influência na quantidade de resíduos gerados, como também na tipologia e composição destes (Williams, 2005).

Dados referentes ao ano de 2012 apontam uma produção de resíduos provenientes de agregados domésticos na UE de cerca de 217 milhões de toneladas, sendo que 4 731 milhares de toneladas correspondem à produção de resíduos urbanos em Portugal, para o mesmo ano (PORDATA, 2016). Na Figura 2.3 encontra-se representada a evolução da produção de RU por habitante na UE-27 e em Portugal, para o período compreendido entre ano 2000 e 2014.





**Figura 2.3** – Produção de RU (kg/hab), na UE-27 e em Portugal, no período 2000-2014 (Eurostat, 2016).

Os dados apresentados apontam para que, em média, cada habitante da UE-27 tenha produzido no ano de 2014 cerca de 476 kg de RU, sendo que em Portugal o valor registado foi ligeiramente inferior perfazendo 452 kg/habitante.

Na UE, em 2013 cada habitante produziu cerca de 481 kg de RU, o que equivale a uma redução de cerca de 8,7 % face ao ano 2002, em que se registou uma produção de 527 kg/hab, destacando-se ainda o facto de que desde 2007 a produção de resíduos na UE tem registado um decréscimo. Importa, contudo, referir que a produção de RU varia significativamente entre os diferentes países da UE, constatando-se que em 2013 a Roménia, Estónia e Polónia registaram os valores mais baixos de produção de RU com menos de 300 kg/hab, ao passo que, em oposição, a Dinamarca registou o maior valor de produção com 747 kg/hab, seguida do Luxemburgo, Chipre e Alemanha com valores acima dos 600 kg/hab (Eurostat, 2015).

Relativamente a Portugal Continental, de acordo com o Relatório Anual de Resíduos Urbanos (RARU), foram produzidas cerca de 4 719 milhares de toneladas de RU no ano de 2014, o equivalente a 452 kg/hab (aproximadamente 1,2 kg/dia) verificando-se um aumento de 2,5% face ao ano 2013, invertendo-se assim a tendência de decréscimo iniciada em 2010 sobretudo devido à recessão económica verificada no país que altera os padrões de consumo e, consequentemente, a produção de resíduos. Este aumento pode dever-se à melhoria da situação económica do país, ressaltando a relação da produção de resíduos com o crescimento económico, sendo o ideal a desagregação destas variáveis mas uma realidade ainda bem expressiva. Urge salientar que dentro do próprio país a produção de RU não é uniforme, havendo maior tendência de produção *per capita* na região sul, destacando-se maiores capitações na zona do Algarve, não sendo devida à população fixa mas explicada na sua associação à elevada

população flutuante que não é considerada diretamente em termos de cálculo (APA, 2015).

## **2.2. Enquadramento Legislativo**

As leis e regulamentos comunitários são instrumentos fundamentais na procura de uma harmonização legislativa dos países pertencentes à Comunidade Europeia. No que toca a matérias ambientais, mais concretamente na área dos resíduos, essa influência e importância é evidente, apresentando repercussões na legislação Portuguesa. Dada a existência de numerosos diplomas em vigor, na área dos resíduos, apresentar-se-á, seguidamente uma visão bastante sintética dos diplomas de Direito Nacional e Comunitário considerados mais relevantes, centrando-se estes nos resíduos urbanos, alvo de estudo neste documento.

### **2.2.1. Nível Comunitário**



As políticas da UE relativas à gestão de resíduos encontram-se preconizadas nos diversos Programas de Ação em Matéria de Ambiente sendo implementados através de Estratégias de Gestão de Resíduos e documentos legislativos, tais como Diretivas, Regulamentos e Decisões da UE específicas da temática de gestão de resíduos (Williams, 2005).

Entre os vários documentos legislativos existentes, a Diretiva Quadro de Resíduos (DQR), estabelecida pela Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro, assume uma especial relevância no que à gestão de RU se refere, tratando-se de um documento legislativo elementar nesta temática. Assim, a DQR estabelece o reforço da prevenção de resíduos, introduz uma abordagem que considera todo o ciclo de vida dos produtos e materiais, e a redução dos impactes ambientais associados à produção e gestão de resíduos. É ainda notória, a clarificação de conceitos associados à hierarquia dos resíduos, dando relevo à prevenção, preparação para reutilização e à reciclagem, introduzindo uma nova meta de gestão direcionada para os RU (meta de preparação para reutilização e reciclagem). Adicionalmente, a legislação europeia apresenta, ainda, outros instrumentos normativos relevantes, de carácter transversal, como é o caso da Lista Europeia de Resíduos (COM 2000/532/EC), e do Regulamento relativo ao Movimento Transfronteiriço de Resíduos (Regulamento (CE) n.º 1013/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de junho).

Assumem, ainda, especial relevância, no que toca a operações de gestão de resíduos, a Diretiva “Aterros” (Diretiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de abril de

1999) e a Diretiva relativa às emissões industriais que determina as condições técnicas e de operação aplicáveis à incineração e co-incineração de resíduos (Diretiva 2010/75/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Novembro de 2010).

### **2.2.2. Nível Nacional**



Com a adesão à Comunidade Europeia, em 1986, Portugal é obrigado a cumprir uma legislação mais rigorosa, sendo alvo de incentivos económicos positivos, ou negativos, através de multas, em caso de incumprimento. As políticas da UE, relativas aos resíduos, têm sido fundamentais nos resultados globais alcançados, no entanto, as políticas nacionais determinam, em grande parte, os resultados específicos.

Em 1997, foi publicado o primeiro Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), constituindo o início de uma nova política nacional relativamente a esta problemática. Entre outros aspetos é abandonado o conceito de “lixo a encaminhar para um destino final”, dando lugar aos RU, como recurso que deve ser valorizado e integrado numa cadeia económica. Posteriormente, a Portaria n.º 187/2007, de 12 de fevereiro, publica o novo Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II), consistindo numa revisão do PERSU I, com o horizonte 2007-2016, cuja intenção era sobretudo fazer face ao atraso no cumprimento das metas de deposição de RUB em aterro e reciclagem. O PERSU II estabelece, assim, as prioridades e metas a atingir bem como as ações a implementar e as regras orientadoras dos planos municipais, multi e intermunicipais de ação.

A gestão de resíduos, a nível nacional, é estabelecida pelo Regime Geral de Gestão de Resíduos, definido pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho. Este estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos, transpondo para ordem jurídica nacional a Diretiva 2008/98/CE. Este documento prevê a elaboração de planos específicos de gestão de resíduos, como é o caso do PERSU e, ainda, de planos multi e intermunicipais e planos municipais de ação.

O posicionamento de Portugal face às metas comunitárias levaram à revisão do PERSU II. Assim, atualmente, o PERSU 2020 (Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos), aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro, configura o novo instrumento de referência da política de RU em Portugal Continental, revogando o PERSU II, e reorientando a estratégia nacional de gestão de resíduos por forma a garantir a proteção ambiental e da saúde humana, com base em processos, tecnologias e

infraestruturas adequadas. Neste contexto, o PERSU 2020 estabelece “a visão, os objetivos, as metas globais e as metas específicas por Sistema de Gestão de RU, as medidas a implementar no quadro dos resíduos urbanos no período 2014 a 2020, bem como a estratégia que suporta a sua execução, contribuindo para o cumprimento das metas nacionais e comunitárias nesta matéria”, apresentando como principais metas para Portugal Continental, a atingir em 2020, a redução de 63% para 35% da deposição de RUB em aterro (relativamente ao ano 1995), o aumento da taxa de preparação para reutilização e reciclagem de 24% para 50% e, assegurar os valores de recolha seletiva de 47 kg/hab/ano.

A complexidade e importância crescente dos fluxos específicos de resíduos, definidos de acordo com o artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 173/2011 como “a categoria de resíduos cuja proveniência é transversal às várias origens ou sectores de actividade, sujeitos a uma gestão específica”, bem como a aplicação do princípio da Responsabilidade Alargada ao Produtor, determinou a implementação de legislação específica por forma a enquadrar a sua gestão. Deste modo, no que toca à gestão de RU, os fluxos específicos mais relevantes, e respetivos diplomas, de acordo com o disposto no PERSU 2020, são os seguintes: Embalagens e Resíduos de Embalagens - Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de dezembro, cuja alteração mais recente é o Decreto-Lei n.º 110/2013, de 2 de agosto; Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE) – Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de dezembro, cuja alteração mais recente remete ao DL n.º 132/2010, de 17 de dezembro; Pilhas e Acumuladores (P&A) - Decreto-Lei n.º 6/2009, de 6 de janeiro, alterado pelo Decreto-lei n.º 266/2009, de 29 de setembro; e, Óleos Alimentares Usados (OAU) – Decreto-Lei n.º 267/2009, de 29 de setembro.

### 2.2.3. Nível Municipal



No contexto do trabalho a realizar torna-se essencial mencionar a importância dos Regulamentos Municipais, em específico do Regulamento de Resíduos Sólidos do Município de Espinho, local onde se enquadra o presente trabalho. Neste contexto, o documento referido estabelece as diretrizes de gestão dos RU produzidos na área do Município de Espinho.

A execução do PERSU 2020 requer a aplicação de medidas que possibilitem o aumento da eficácia e eficiência dos processos de gestão de RU, ressaltando a maximização da reciclagem e outras formas de valorização e a minimização da deposição em aterro (Lipor, 2015b). Assim, por forma a delinear estratégias de apoio ao

cumprimento das metas estabelecidas no PERSU 2020, o Município de Espinho aprovou o seu Plano de Ação, designado PAPERSU (Plano de Ação do PERSU 2020).

Destaca-se que o contributo do Município será incorporado e contribuirá para as metas a atingir pelo Sistema Lipor no qual se insere, o qual, juntamente com os restantes sistemas de gestão de resíduos, garantem o cumprimento das metas nacionais. Ressalva-se, ainda que, para o Município de Espinho, no ano 2020, o valor da meta de Preparação para reutilização e reciclagem se deverá situar nos 27,03 %, e o de Retomas com origem em Recolha Seletiva 44,89 kg/hab/ano (Lipor, 2015a).

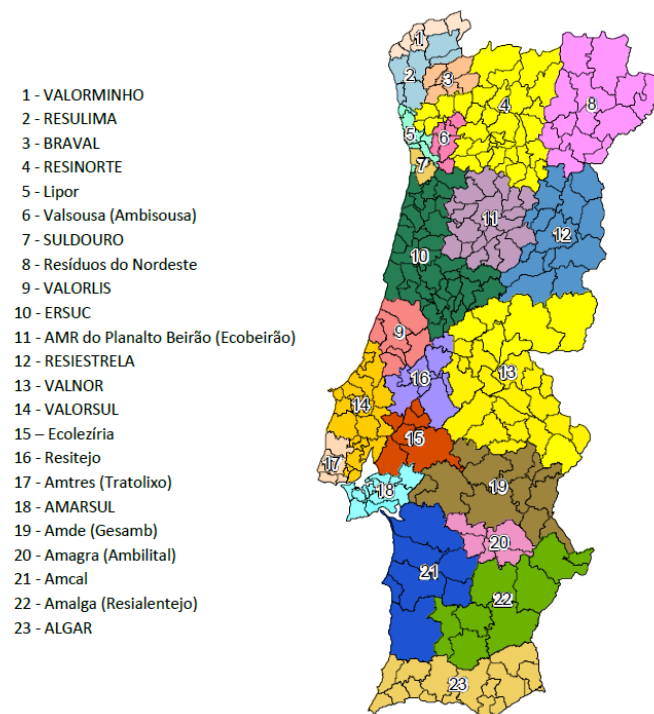
### **2.3. Gestão de Resíduos Urbanos**

De acordo com o artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 173/2011, de 17 de junho, entende-se como gestão de resíduos a *“recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações, a manutenção dos locais de eliminação no pós-encerramento, bem como as medidas adotadas no papel de comerciante ou corretor”*. Neste contexto, a responsabilidade pela gestão dos resíduos, incluindo os respetivos custos, *“cabe ao produtor inicial dos resíduos, sem prejuízo de poder ser imputada, na totalidade ou em parte, ao produtor do produto que deu origem aos resíduos e partilhada pelos distribuidores desse produto (...). Excetuam-se os resíduos urbanos cuja produção diária não excede 1100 L por produtor, caso em que a respetiva gestão é assegurada pelos municípios.”*, conforme disposto no artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho.

Com o início da alteração ao quadro legal, em 1993, alargou-se à iniciativa privada áreas nas atividades de recolha e tratamento de resíduos. Neste contexto, segundo o Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de novembro, revogado pelo Decreto-Lei n.º 92/2013, de 11 de julho, os municípios organizam-se em sistemas municipais ou multimunicipais, possibilitando a intervenção privada, através de concessões. Neste contexto, um sistema multimunicipal consiste num *“tecnosistema que sirva pelo menos dois municípios e exija um investimento predominante a efectuar pelo Estado (...) sendo a sua criação e a sua concessão obrigatoriamente objecto de decreto-lei”*, isto é, são concessões do Estado atribuídas a empresas que vulgarmente possuem uma participação maioritária da Empresa Geral do Fomento (EGF). Por seu turno, nos sistemas municipais, os municípios transferem a sua gestão para associações de municípios, empresas intermunicipais ou concessões privadas. Um Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) consiste, assim, num conjunto de recursos humanos, logísticos, de

equipamentos e infraestruturas cujo objetivo é levar a cabo operações inerentes à gestão de RU (APA, 2016a).

Atualmente, em Portugal Continental, existem 23 SGRU que asseguram a gestão dos RU, dos quais 12 constituem sistemas multimunicipais e 11 sistemas intermunicipais, tal como apresentado na Figura 2.4. Importa, contudo, salientar a elevada heterogeneidade existente entre SGRU, no que toca à abrangência de municípios, dispersão geográfica, demografia e condições socioeconómicas, que se repercutem nas opções de recolha e tratamento de RU adotadas, bem como nos equipamentos, infraestruturas e custos de gestão de resíduos (APA, 2015).



**Figura 2.4** – Sistemas de Gestão de Resíduos em Portugal Continental (APA, 2012).

Relativamente à gestão de RU na Região Autónoma da Madeira, de acordo com a Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015, de 16 de março, a responsabilidade foi atribuída mediante concessão em regime de serviço público e de exclusividade à Valor Ambiente, Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A., ao passo que na Região Autónoma dos Açores, a responsabilidade pela gestão cabe aos municípios, com exceção da Ilha do Pico e de S. Miguel cuja responsabilidade cabe às respetivas Associações Municipais.

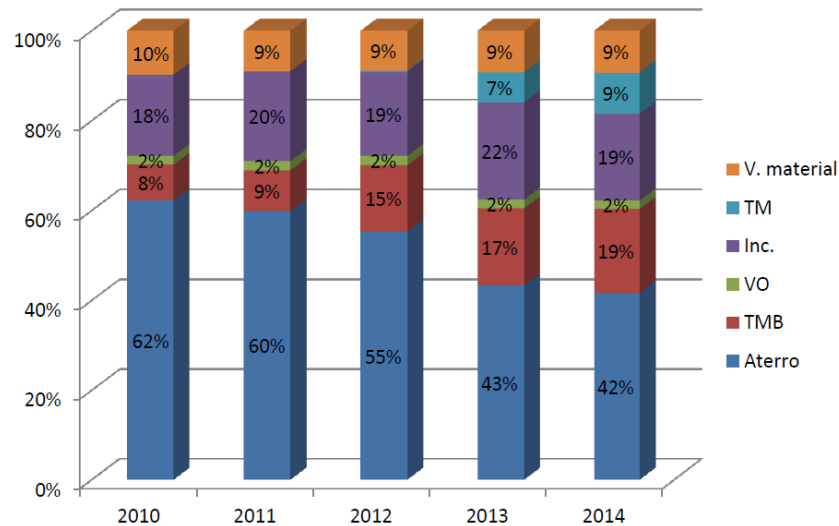
### 2.3.1. Soluções Conferidas aos Resíduos Urbanos

A estratégia de gestão de resíduos da UE, assente num princípio de desenvolvimento sustentável, exige que as suas opções de gestão tendam para o topo da

hierarquia dos resíduos, isto é, que os resíduos não sejam apenas eliminados mas sim, sempre que possível, minimizados, reutilizados ou valorizados (material ou energeticamente), evitando-se a deposição em aterro. Contudo, nem sempre é possível seguir esta tendência, uma vez que existem resíduos cuja melhor opção de gestão é a deposição em aterro ou a incineração sem valorização energética, quer por razões técnicas, económicas e/ou ambientais. (Williams, 2005).

Na UE, em 2013, a solução conferida a 31 % dos resíduos produzidos foi a deposição em aterro, seguindo-se a reciclagem multimaterial (28 %), a incineração (26 %) e, por fim, a compostagem (15 %). Face ao ano 2003, registou-se, assim, uma diminuição de cerca de 45% relativamente à deposição em aterro e um acréscimo nas restantes opções de gestão, nomeadamente incineração (44 %), reciclagem multimaterial (33 %) e compostagem (37 %) (Eurostat, 2016). Entre os países membros da UE, e seus associados, evidencia-se, novamente, uma diferenciação no que toca às opções de gestão de RU. Deste modo, destaca-se, em 2013, as percentagens de reciclagem multimaterial da Eslovénia (55 %), Alemanha (47 %) e da Bélgica, Irlanda e Suíça (34 %), em oposição com a Bósnia e Herzegovina, Turquia e Sérvia com 0 %. A compostagem é mais comum na Áustria (35 %) e Holanda (26 %) e menos comum na Roménia, Montenegro e Sérvia (0 %). A deposição em aterro é a única opção de gestão apurada na Bósnia e Herzegovina, Sérvia e Macedónia (100 %) e a menos comum em países como a Suíça (0 %), Suécia, Holanda e Bélgica (1 %). Relativamente à incineração com valorização energética os países com maior expressão, em termos percentuais são a Estónia (64 %), a Noruega (58 %) e a Dinamarca (54 %), ao passo que os com menor são a Grécia, Croácia, Chipre, Letónia e Malta com 0 % (Eurostat, 2015).

A Figura 2.5 mostra a evolução das principais operações de gestão de RU em Portugal Continental, na qual se verifica uma diminuição gradual dos quantitativos diretamente depositados em aterro, tendo diminuído 20 % entre 2010 e 2014 e situando-se atualmente nos 42 %, constituindo ainda a opção com maior relevo. Salienta-se o aumento do Tratamento Mecânico-Biológico (TMB) e a implementação do Tratamento Mecânico (TM) a partir de 2013, que promoveu o incremento dos resíduos encaminhados para valorização multimaterial. Note-se que em 2013, pela primeira vez, a maioria dos resíduos não foi encaminhada diretamente para aterro, apontando para uma evolução positiva no cumprimento da hierarquia dos resíduos. Contudo, a fração recolhida seletivamente para valorização material estabilizou, contrariando a estratégia comunitária e nacional para os RU (APA, 2015).



**Figura 2.5** – Destino dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental, entre 2010 e 2014 (APA, 2015).

Ao nível dos SGRU, a maioria mantém o aterro como destino preferencial a dar aos RU, identificando-se contudo, de acordo com o RARU 2014, a alteração desta tendência sobretudo a favor do TM, a partir de 2013, nomeadamente nas instalações da AMARSUL, Algar, Planalto Beirão, Gesamb, ResiTejo e Tratolixo; e do TMB, tendo este último maior expressão nas instalações da ERSUC, Resiestrela, Resíduos do Nordeste e VALNOR (APA, 2015). Em 2014, apenas 9 dos SGRU depositaram menos de 80 % dos RU em aterro (APA, 2015), sendo que existem em Portugal Continental 2 SGRU que possuem centrais de incineração e que realizam a valorização energética da fração indiferenciada. Destaca-se o caso da Lipor, onde se enquadra o presente estudo, em que, no ano 2015, 81,24% dos RU foram alvo de incineração com valorização energética, 9,51% sofreram valorização material, 9,24% valorização orgânica e apenas 0,01% foram depositados em aterro (Lipor, 2015a).

A Tabela 2.1 mostra as quantidades de resíduos rececionados pela Lipor, em 2015, bem como os seus destinos e materiais resultantes da operação de gestão aplicada.



**Tabela 2.1** – Quantidades de materiais rececionados na Lipor, destinos e materiais resultantes das operações de gestão, em 2015 (Lipor, 2015a).

Destino	Fluxo de resíduos	Total de material (t)	Produção de energia (Mwh) e materiais (t)
<b>Valorização Orgânica</b>	Orgânicos Verdes	20 380,34 23 696,32	10 799,10 t composto
<b>Valorização Multimaterial</b>	Embalagens plásticas e metálicas Papel/Cartão Vidro Madeira Plásticos (não embalagem) Esferovite Sucatas REEE Pilhas Baterias Tinteiros e Tonners Óleos Alimentares Usados	8 915,57 14 976,68 18 637,44 312,12 1 296,68 32,30 324,08 773,28 4,54 1,42 17,48 62,14	41 778,94 t materiais enviados para reciclagem;  58,79 t de biodiesel;
<b>Valorização Energética</b>	Indiferenciados Monstros não metálicos	383 945,10 3 436,42	193 076,30 MWh de energia; 5 615,62 t sucatas para reciclagem
<b>Aterro Sanitário</b>	Indiferenciados	24,34	Biogás: Aterro Maia = 825 m <sup>3</sup> ; Produção Energia (Aterros encerrados) = 1309,43 MWh
<b>TOTAL</b>		<b>476 836,25</b>	

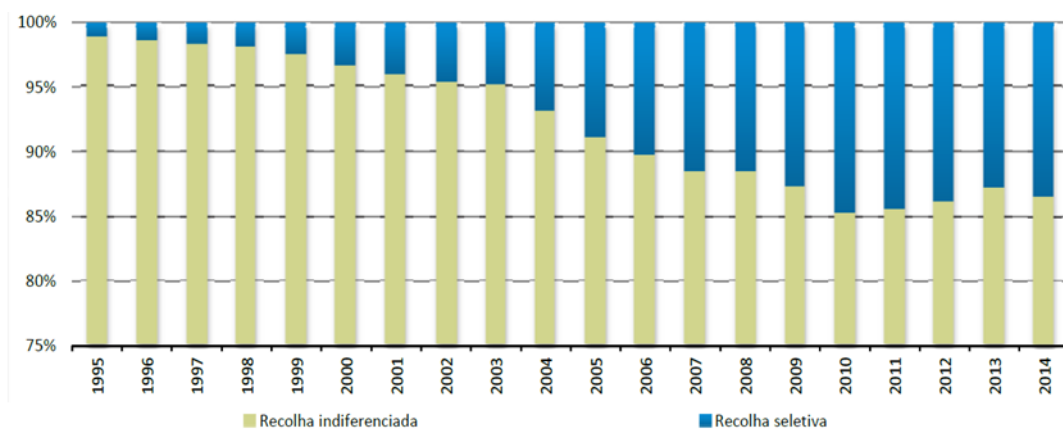
## 2.4. Recolha

Segundo vários autores, o conceito de recolha de resíduos é bastante abrangente, englobando a recolha e o transporte dos resíduos indiferenciados e dos materiais recicláveis para um determinado local. Este local pode ser uma unidade de processamento/valorização, estações de transferência ou um aterro para sua eliminação (Tchobanoglous & Kreith, 2002; Williams, 2005). No mesmo sentido, de acordo com o artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, o termo recolha abarca “a *apanha de resíduos, incluindo a triagem e o armazenamento preliminares dos resíduos para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos*” que, de igual forma, pode tratar-se de uma central de triagem, de valorização orgânica ou energética, de uma estação de transferência, um aterro ou uma instalação de incineração. Note-se que o conceito de triagem corresponde ao “*ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista ao seu tratamento*”.

A recolha de resíduos constitui um elemento chave de qualquer SGRU, sendo a sua relevância refletida no facto de que a recolha, normalmente, é o subsistema mais dispendioso de um SGRU (UNEP, 2005). De acordo com a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), as operações de recolha possuem um peso entre

40 e 70 % no custo global de gestão de RU, o que incrementa a necessidade de identificação de possibilidades de melhoria do serviço, para os atuais esquemas de recolha e, essencialmente, para o futuro dada a necessidade de se evoluir para modos mais intensivos de recolhas seletivas, por forma a dar resposta às metas estabelecidas no PERSU 2020 (Piedade & Aguiar, 2010).

Dependendo do tipo de resíduos recolhidos, a recolha pode ser classificada como seletiva ou indiferenciada. De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, a recolha seletiva é “*efetuada de forma a manter o fluxo de resíduos separados por tipo e natureza com vista a facilitar o tratamento específico*”, já a recolha indiferenciada não acarreta qualquer separação/seleção. A ERSAR estabelece, numa perspetiva de garantir uma qualidade elevada na acessibilidade do serviço, que deve existir num raio de 100 metros de uma habitação um contentor para deposição de resíduos indiferenciados e num raio de 200 metros ecopontos para separação multimaterial. Na Figura 2.6 encontra-se representada a evolução da proporção da recolha indiferenciada e seletiva, tendo por base o total de RU recolhidos, em Portugal, no período compreendido entre 1995 e 2014.



**Figura 2.6** - Proporção da recolha indiferenciada e seletiva, face ao total de Resíduos Urbanos recolhidos em Portugal entre 1995 e 2014 (INE, 2015).

No período de 20 anos analisado verificou-se, em Portugal, um acréscimo significativo na recolha seletiva do total dos resíduos produzidos, sendo este de cerca de 12,5 % entre 1995 e 2014. O máximo foi registado em 2010, onde dos 5,44 Mt de RU gerados, 805 mil toneladas foram recolhidas seletivamente (14,8 %), sendo que após esse ano a recolha seletiva diminuiu, verificando-se somente em 2014 (ano em que se produziram cerca de 4,72 Mt) um ligeiro aumento desta, assumindo, contudo um percentual inferior (13,6 %) face ao da recolha indiferenciada (86,4 %) (INE, 2015).

Uma das metas preconizadas pelo PERSU 2020 prevê que sejam assegurados, em 2020, valores de recolha seletiva de 47 kg/habitante/ano, caso sejam cumpridos todos os objetivos por parte dos SGRU. A Figura 2.7 mostra a evolução da recolha seletiva multimaterial, em Portugal, face à meta estabelecida, verificando-se que esta foi superada entre 2007 e 2012 e que em 2014, registou um valor de 51,1 kg/habi. Note-se que, em 2009, foi atingido o valor de 59,9 kg/hab, indicando maiores níveis de recolha nessa altura, sendo que não se apresentam justificações adicionais para tal facto (INE, 2015). A alteração para os anos subsequentes pode ser resultado de questões de índole económica que ditam um aumento de desvios para mercado paralelo assim como de alteração de hábitos de consumo.

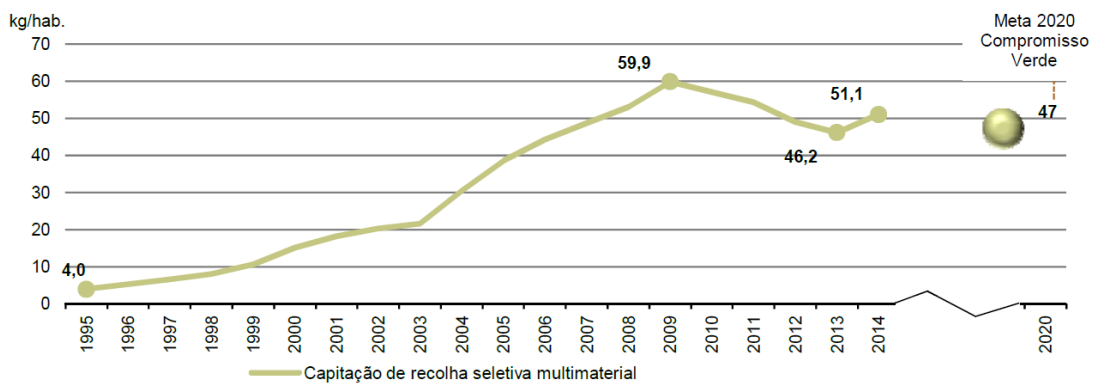


Figura 2.7 – Recolha seletiva multimaterial, em Portugal, face à meta prevista para 2020 (INE, 2015).

#### 2.4.1. Recolha Seletiva

Conforme descrito por Lavita (2008), o início da recolha seletiva de resíduos domésticos de embalagens, em Portugal, data da década de 80 e consistiu na implementação de vidrões destinados à recolha de embalagens de vidro que eram depositadas de forma voluntária pelos cidadãos. Em 1987, a autarquia de Torres Vedras iniciou a recolha seletiva de papel e cartão, e em 1993 iniciou-se um serviço de recolha PaP de papel e cartão em algumas zonas da cidade de Lisboa. Somente na década de 90, por iniciativa de algumas autarquias (nas quais se inclui Espinho) foram colocados alguns contentores na via pública para recolha de plásticos, sendo que o mesmo aconteceu para os metais. A recolha seletiva em Portugal teve como base legal a Diretiva 85/339/CEE, transposta para direito nacional através da Resolução do Conselho de Ministros 24/90 e 14/92, de 23 de junho e maio, respetivamente, as quais estabeleciam objetivos e metas a cumprir no que toca à reciclagem e reutilização de plástico, metal, cartão e garrafas de vidro, ressaltando a necessidade de implementação de sistemas de recolha seletiva e da construção de estações de triagem (Lavita, 2008).

O mesmo autor refere que, de acordo com o artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 366-A/97 e o artigo 7.º da Portaria n.º 29-B/98, a responsabilidade dos operadores económicos na gestão de resíduos de embalagens poderia ser transferida para uma entidade licenciada no desenvolvimento dessa atividade. Neste contexto, em 1996 foi constituída a Sociedade Ponto Verde (SPV), começando a operar neste setor em 1998, abrangendo atualmente todo o território nacional. Começaram, então, a ser recolhidos seletivamente e retomados pela SPV os resíduos de papel, cartão, de polietileno tereftalato (PET), de polietileno de alta densidade (PEAD), filmes plásticos, vidro, aço, alumínio, (Lavita, 2008).

Posto isto, constata-se que com o aparecimento da SPV se deu o ponto de viragem da recolha seletiva em Portugal. A sua estratégia consiste na transferência de recursos financeiros dos embaladores e importadores aos Sistemas Municipais e Autarquias (SMAUT) ou a empresas com concessões de recolha seletiva e triagem de resíduos, onde a SPV paga uma contrapartida financeira pelos resíduos de embalagens recolhidos seletivamente e triados de acordo com as suas especificações técnicas, garantindo, ainda, o seu escoamento e subsidiando o seu transporte para valorização (Lavita, 2008).

### **Modalidades de Recolha Seletiva**

No que diz respeito à recolha seletiva dos RU esta pode ser subdividida, genericamente, em recolha seletiva por transporte voluntário, englobando ecopontos, ecocentros e contentores individuais/isolados, ou recolha seletiva na origem, consagrada pelos sistemas de recolha PaP. Enquanto os ecopontos e ecocentros constituem equipamentos largamente utilizados em Portugal, a recolha seletiva PaP apresenta uma reduzida expressão, uma vez que normalmente implicam custos de operação mais elevados face aos investimentos efetuados nos equipamentos de deposição e recolha e da necessidade de maior utilização de mão-de-obra (Piedade & Aguiar, 2010).

De uma forma geral, os sistemas de deposição por transporte voluntário consistem em equipamentos de deposição coletivos, que exigem que os produtores de resíduos os separem na fonte e se desloquem, posteriormente, a esses pontos de deposição. Por sua vez, nos sistemas de recolha seletiva PaP, a recolha é efetuada nos domicílios, isto é, à porta do produtor dos resíduos, em dias da semana e horários pré determinados, não exigindo a deslocação dos cidadãos a um determinado local de deposição (ex. até 200 m da habitação num caso de uma qualidade elevada na acessibilidade do serviço, como anteriormente referido).

O tipo de equipamento utilizado para armazenar os resíduos gerados em habitações é dependente de vários fatores, tais como a quantidade de resíduos, a frequência da recolha, o tipo de habitação, o tipo de veículo de recolha e a mão-de-obra/meios necessários para a recolha (Williams, 2005). A Tabela 2.2 e a Tabela 2.3 apresentam uma síntese dos equipamentos utilizados em cada uma das tipologias de recolha referidas, bem como as principais vantagens e desvantagens associadas.


**Tabela 2.2 – Principais equipamentos utilizados na recolha seletiva por transporte voluntário (Lavita, 2008; Piedade & Aguiar, 2010).**

Equipamento	Conceito	Vantagens	Desvantagens
<b>Recolha seletiva por transporte voluntário</b>			
<b>Contentores Isolados</b> 	Encontram-se em locais de grande produção (ex. Restauração); São específicos para um dado material, sendo normalmente vidrões, tipo igloo.	Suprir necessidades em locais de grande produção; Podem servir como complemento de um sistema de recolha PaP.	Ocupação da via pública.
<b>Ecoponto</b>	Conjunto de, geralmente, 3 contentores, colocados na via pública, preparados para a deposição multimaterial de resíduos de plástico e metal, papel/cartão e vidro - para reciclagem; Pode, ainda, acrescer um contentor de pequenas dimensões, de cor vermelha – o pilhão.		
<b>Ecopontos subterrâneos</b> 	O depósito para os resíduos localiza-se subterraneamente (podem ser enterrados ou semi-enterrados). As capacidades mais usuais são 3 e 5 m <sup>3</sup> .	Ocupam menos espaço na via pública; Esteticamente mais agradáveis; Poderão permitir menores frequências de recolha.	Os custos de instalação constituem um fator limitante.
<b>Ecopontos de superfície</b> 	O depósito para os resíduos localiza-se à superfície (capacidade mais comum é 2,5 m <sup>3</sup> ).	Custos de aquisição e instalação inferiores aos subterrâneos.	Ocupação da via pública;
<b>Ecocentros</b> 	Infraestruturas que rececionam resíduos que pelas suas características e dimensões não são removidos pelos circuitos de recolha; Rececionam materiais com viabilidade de recuperação e reciclagem, provenientes de pequenas entidades produtoras ou dos próprios cidadãos.	Obtenção de materiais com maior qualidade face aos provenientes de recolha seletiva em ecopontos (critérios de aceitação e orientação na deposição pelos colaboradores); Grande capacidade dos contentores reduz custo unitário de transporte; Pode funcionar como estação de transferência.	Utilização pouco comum na deposição de frações provenientes do fluxo doméstico;
<b>Eco-ilhas</b> 	Combinação de ponto de recolha seletiva e indiferenciada. Sistema de ecopontos acrescido de um ou mais contentores de indiferenciados; Pode ser constituída por contentores quer subterrâneos quer de superfície.	Proximidade entre contentores de indiferenciados e de recicláveis, evitando ao cidadão deslocções acrescidas para deposição dos seus resíduos.	Espaço ocupado na via pública.

Dentro dos sistemas de deposição coletiva de resíduos, os ecopontos são os equipamentos de eleição por parte das entidades responsáveis pela gestão de RU, estando estes localizados em pontos estratégicos, acessíveis a toda a comunidade e em locais, geralmente, de passagem habitual, por forma a promover a máxima participação dos cidadãos na recolha seletiva (Lavita, 2008). Estes contentores devem ser esvaziados periodicamente, utilizando para tal veículos especializados, que param durante um determinado período de tempo num local, deslocando-se posteriormente para outros, segundo horários e circuitos pré-definidos, geralmente independentes para cada tipologia de resíduos a recolher. Tendo em consideração os equipamentos mais comumente utilizados, referidos na Tabela 2.2, os veículos possuem normalmente, um sistema de elevação dos contentores (grua), para os contentores em profundidade, e compactador, sendo posteriormente descarregados em estações de triagem com vista à posterior reciclagem dos resíduos (Williams, 2005). Os veículos utilizados na recolha de resíduos devem, ainda, reunir uma série de características, destacando-se: rapidez de recolha dos resíduos; máximo volume; a zona de carregamento deverá facilitar a descarga dos recipientes; ser estanque, de fácil lavagem e manutenção; boa manobrabilidade na circulação; e baixos custos de manutenção e consumo de combustível (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Em termos de recolha, a frequência constitui um dos principais fatores que necessita de ser equacionado. Assim, esta deve ser efetuada em situações de equilíbrio entre o enchimento excessivo e baixos níveis de enchimento, uma vez que acarreta dificuldades na deposição por parte dos cidadãos e custos operacionais desnecessários, respetivamente. Neste contexto, a frequência de recolha deve ser estabelecida para graus de enchimento na ordem dos 75 % da capacidade de cada contentor, sendo a recolha de cada contentor realizada independentemente, por tipo de material, com recurso a viaturas específicas, dotadas de dispositivos que permitem a elevação de contentores, e a um ou dois cantoneiros que auxiliam o processo (Lavita, 2008; Piedade & Aguiar, 2010). Note-se contudo que, apesar de o grau de enchimento dos contentores constituir um fator preponderante no que diz respeito à determinação de frequências de recolha, existem outros que também a influenciam, como é o caso das características dos próprios resíduos, tal como a putrescibilidade. No entanto, quando se trata de recolha seletiva multimaterial este fator não se torna tão crucial como no caso da recolha seletiva de orgânicos ou de resíduos indiferenciados.

**Tabela 2.3 – Principais equipamentos utilizados na recolha seletiva porta a porta** (Lavita, 2008; Piedade & Aguiar, 2010).

Equipamento	Conceito	Vantagens	Inconvenientes
<b>Recolha seletiva porta a porta</b>			
<b>Contentores móveis</b> 	<p>Contentores geralmente de polietileno coloridos ou com tampa colorida, equipados com rodas giratórias; Podem ter vários formatos e compartimentos, sendo as capacidades mais comuns 80, 120, 240, 360 ou 800 L (exemplos adicionais podem ser consultados no Anexo I).</p>	<p>Adequado para edifícios de alto porte, com compartimentos de resíduos, ou com espaço suficiente para armazenamento de contentores; Adequado para edifícios de baixo porte (moradias). Permite associar os resíduos ao produtor com maior facilidade (RFID).</p>	<p>Custos de implementação relativamente elevados (aquisição, distribuição de contentores); Dificuldade de acondicionamento no interior de habitações; Necessidade de espaço para o seu armazenamento; Não permite inspeção visual expedita pelo operador de possíveis contaminações; Em edifícios de alto porte, pode acarretar o fornecimento adicional, para cada habitação, de equipamentos de pequena capacidade (contentores, sacos ou cestos);</p>
<b>Caixas ou Cestos de plástico</b> 	<p>Recipientes coloridos, em fibra plástica, de pequena capacidade (normalmente entre 20 e 70 L), de fácil acondicionamento no interior de habitações.</p>	<p>Custo de aquisição aceitável; Facilmente acondicionado no interior de habitações; Fácil identificação e remoção de contaminantes; Podem ser utilizados como armazenamento temporário (despejados posteriormente em equipamentos coletivos) ou apresentados diretamente para recolha;</p>	<p>Volume a recolher limitado ao tamanho da caixa; Exige maior frequência de recolha e, consequentemente, maiores custos; Desvio dos equipamentos para outras utilizações.</p>
<b>Sacos não reutilizáveis</b> 	<p>Normalmente, são sacos translúcidos coloridos para os recicláveis e pretos para os indiferenciados, ou utilizam-se fitas coloridas indicadoras da tipologia dos resíduos.</p>	<p>Opção mais económica (as fitas são ainda mais económicas que os sacos); Fácil acondicionamento no interior de habitações; Dispensam lavagem e proteção do recipiente; Reduz o tempo de recolha e a permanência de recipientes na via pública; Pode constituir a solução em edifícios de alto porte, sem compartimentos de resíduos, nem espaço para armazenamento de contentores;</p>	<p>Necessitam normalmente de um recipiente durante o enchimento; Resíduos espalhados pela via pública aquando de atos de vandalismo ou ação de animais; Não aconselháveis para deposição de vidro; Pode acarretar o pagamento adicional dos sacos pelos cidadãos; Não permite a responsabilização dos cidadãos (incumprimento de horários e locais de deposição), pois não possuem sistemas que possibilitem a sua identificação (excetuando-se os casos em que são utilizadas vinhetas).</p>

De acordo com a ERSAR, a escolha dos equipamentos de deposição a utilizar deve ter em consideração: a dimensão do equipamento (tamanho, peso e capacidade devem ser adequados ao tipo e quantidade de materiais a recolher); a compatibilidade com os veículos de recolha; a resistência a produtos químicos, radiação solar e oscilações de temperatura e o *design*, que deve conferir conforto, segurança e facilidade de manuseamento, quer para o produtor dos resíduos quer para os operadores de recolha (Piedade & Aguiar, 2010).

Nos sistemas de recolha seletiva PaP, a tipologia de habitação é um fator condicionante do tipo de equipamento a utilizar para a deposição de resíduos (contentores, cestos ou sacos), fazendo com que a recolha PaP assuma determinadas características e, consequentemente influencie a frequência de recolha. Neste contexto, habitações de baixo porte, isto é, moradias, raramente têm problemas de armazenamento de resíduos em contentores, uma vez que possuem espaço disponível para colocar os recipientes ao ar livre, o que possibilita frequências de recolha mais reduzidas (por exemplo, uma vez por semana) (Williams, 2005). Assim, este tipo de sistema é particularmente adequado a moradias, em que a utilização de contentores individuais é facilitada, permitindo associar o resíduo diretamente ao produtor, e a habitações em altura com condições para colocação de contentores, isto é, que possuam compartimentos de resíduos (vulgarmente conhecidos como “casas do lixo”), que possibilitem a atribuição de contentores, associados a cada fogo e armazenados numa zona comum (Piedade & Aguiar, 2010).

Por outro lado, em edifícios de alto porte (habitações em altura), normalmente o único espaço existente para armazenamento dos resíduos é dentro das próprias habitações, fazendo com que estes sejam armazenados por períodos de tempo mais reduzidos. Assim, as soluções de recolha seletiva PaP passam por recolhas diárias em cada habitação (quando o equipamento utilizado para deposição são cestos ou sacos) ou pela colocação exterior de um equipamento comum ao edifício (Williams, 2005). Normalmente, neste tipo de edificação, dadas as dificuldades de implementação, a solução mais viável passa pela utilização de eco-ilhas, deixando de se tratar de recolha PaP mas sim por transporte voluntário (Lavita, 2008).

Em termos de operação, cabe ao produtor dos resíduos colocar o equipamento de deposição na via pública, em dia e hora pré estabelecidos para que estes possam ser recolhidos, com recurso a veículos apropriados, adaptados à recolha dos contentores, normalmente com sistema de elevação de carga traseira.



Os sistemas de recolha seletiva PaP revelam-se mais onerosos que os sistemas de recolha seletiva por transporte voluntário, uma vez que exigem investimentos nos equipamentos de deposição e recolha mas fundamentalmente por acarretarem maior mão-de-obra (dada a maior dimensão dos circuitos de recolha e, consequentemente maior duração destes, que podem acarretar a existência de vários turnos de trabalho). Envolvem ainda maiores períodos de tempo gastos para a recolha dos resíduos, dada a maior dimensão dos circuitos a efetuar e pontos de paragem. Apesar disso, permitem uma forte proximidade com os cidadãos, com adesão rápida podendo incentivar a adesão de vizinhos. Permitem, ainda, obter resultados mais satisfatórios em termos de quantidade e qualidade dos materiais recolhidos, dada a maior facilidade e comodidade proporcionada aos cidadãos, quando comparado com outros sistemas (Piedade & Aguiar, 2010). Exemplos específicos serão apresentados no subcapítulo 2.6.

## **2.5. Implementação de Sistemas de Recolha Seletiva Porta a Porta**

Em áreas urbanas, o sucesso dos sistemas de recolha de resíduos PaP está normalmente dependente de vários fatores, como por exemplo, a topografia da região, condições climáticas e o espaço disponível para colocação de equipamentos e circulação dos veículos de recolha (Teerioja et al., 2012). A capacidade de responsabilização do produtor de resíduos constitui também um fator determinante do maior ou menor sucesso destes sistemas (Lavita, 2008).

A implementação de um sistema de recolha seletiva PaP deve, assim, ter em atenção várias etapas que na sua globalidade contribuem para o seu sucesso. Neste contexto, primeiramente é fundamental o conhecimento de projetos de recolha PaP já existentes por forma a perceber o funcionamento deste tipo de sistema bem como as principais dificuldades que podem surgir no decorrer deste, mantendo ciente que cada caso deve ser analisado individualmente tendo em conta a realidade de cada região.

Neste seguimento, a implementação de um sistema de recolha seletiva PaP deve iniciar-se com a definição da área de intervenção geográfica, da qual se deve proceder à caracterização do sistema de recolha implementado até ao momento. Através de bases de dados, ou trabalhos de campo, deve apurar-se informações sobre a população bem como as tipologias de edificado da zona, estudando-se, entres outros parâmetros, grupos etários, nível de instrução e motivação da população para participar no projeto (influencia nas quantidades recolhidas), bem como o espaço disponível dentro das

habitações para alocação de equipamentos e os acessos às habitações. Após um estudo aprofundado da zona alvo de implementação do sistema é possível estimar a quantidade e tipo de equipamentos a distribuir para deposição dos materiais alvo de recolha, determinar frequências e circuitos (ou reorganização de circuitos existentes), averiguar os recursos necessários em termos de viaturas e de pessoal, bem como analisar os custos associados ao sistema a implementar (UE, 2014a).



A fase seguinte corresponde à implementação física do projeto, englobando a distribuição dos equipamentos pelas habitações bem como o início dos circuitos de recolha. Note-se que deve existir uma monitorização contínua dos resultados obtidos, em termos de quantidades recolhidas *per capita*, confrontando-os com os custos associados à recolha (€/t) baseados nos equipamentos utilizados, frequências de recolha e circuitos estabelecidos por forma a melhorar a sustentabilidade do sistema. Neste contexto, as frequências definidas para cada material podem ser alvo de reajustes consoante, por exemplo, relatos efetuados pelos operadores relativamente ao grau de enchimento dos recipientes, sendo que o mesmo acontece com alterações nos circuitos de recolha, onde a experiência dos trabalhadores se revela um fator importante (Lavita, 2008; UE, 2014a).

Importa referir que um projeto deste tipo deve assentar numa forte comunicação com a população, através do contacto direto com os produtores de resíduos, sensibilizando-os para o funcionamento e objetivos do sistema a implementar, bem como esclarecendo as suas eventuais dúvidas. Deve-se, assim, apostar numa forte sensibilização da população recorrendo à comunicação social e/ou a atividades de participação pública.


## **2.6. Recolha Seletiva Porta a Porta: *Benchmarking***

No âmbito do desenvolvimento do presente projeto, considerou-se fundamental a recolha e análise de experiências de recolha seletiva PaP, a nível nacional e internacional, por forma a perceber diferentes métodos de implementação, bem como os principais resultados obtidos. Assim, a Tabela 2.4 reúne algumas dessas experiências, seguidas pela LIPOR, por país, contextualizando-as e apresentando os seus principais resultados.

**Tabela 2.4** – Experiências de recolha seletiva Porta a Porta, a nível nacional e internacional, e principais resultados obtidos.



País	Contextualização da implementação (setor doméstico)	Principais Resultados	Referência
<b>Itália</b> 	<p><b>Localidade:</b> Albairate (14 km<sup>2</sup>);  <b>População:</b> 4 152 habitantes;  <b>Densidade populacional:</b> 297 hab/km<sup>2</sup> (prevalência de habitações unifamiliares);  <b>Produção de resíduos:</b> 400 kg/hab/ano  <b>Ano de Implementação PaP:</b> 1998</p> <p><b>Implementação / Frequências de recolha:</b>  - Diferenciação de resíduos por Secos e Húmidos;  - Papel e Plástico/Latas – Contentor individual de 40 L com RFID (quinzenalmente);  - Orgânicos (húmido) – cestos de 10 L, sacos biodegradáveis (em papel) e contentor de 35 L com RFID (2 vezes/semana);  - Fração resto seco (indiferenciada) – contentores de 140 L com RFID (1 vez/semana);  - Vidro – contentores de 40 L com RFID (quinzenalmente).  - Inexistência de equipamentos de deposição permanentes na via pública;  - Utilização de pontos de deposição coletivos em condomínios e contentores individuais para habitações;  - O custo médio anual de gestão de resíduos é de cerca de 118 €/ano, por habitação.</p>	<p>- Aumento da taxa de reciclagem de 10% (1995) para 65-70% (atualidade), incluindo resíduos orgânicos;  - Aplicação de um sistema tarifário PAYT revelou crescimento na separação de resíduos e um decréscimo acentuado de resíduos indiferenciados (fração resto seco);</p>	(Lipor, 2014a)
<b>Portugal</b> 	<p><b>Município:</b> Maia (83,7 km<sup>2</sup>);  <b>População:</b> 135 817 habitantes (2014);  <b>Densidade da área urbana:</b> 1 623 hab/km<sup>2</sup>;  <b>Capitação:</b> 1,12 kg/hab/dia (2015);  <b>Recolha seletiva multimaterial:</b> 10 508 t/ano (2015);  <b>Ano de Implementação PaP:</b> 2012</p> <p><b>Implementação:</b>  - Distribuição de 4 contentores dedicados de 140 L, com RFID, por habitação, com tampas coloridas (plástico/metal, papel/cartão, vidro e indiferenciado);  - Abrangência de cerca de 80 % da população;  - Habitações em altura possuem compartimentos de resíduos;  - Em habitações sem espaço para os recipientes, ou de difícil acesso, recorre-se a equipamentos de deposição coletiva;</p> <p><b>Frequências de recolha:</b>  Plástico/Metal – 1 vez/semana;  Papel/cartão – 1 vez/semana;  Vidro – 1 vez/mês;  Indiferenciado – 2 vezes/semana;</p> <p><b>Horários de recolha:</b>  - Recolhas diurnas (manhã e tarde), de segunda a sexta-feira.</p>	<p>Desde a implementação do projeto (2012) até ao final do ano 2014 verificou-se o crescimento da quantidade de resíduos recolhidos seletivamente de 6,6 para 9,2 milhares de toneladas, isto é, em cerca de 40%, com os seguintes incrementos parcelares:  - Embalagens plásticas/metálicas: 67%;  - Vidro (embalagem): 36%;  - Papel/Cartão: 25%;  - Redução dos resíduos indiferenciados (6%), entre 2012 e 2014;</p> <p>- No global, cada cidadão da Maia reciclou, em 2014, cerca de 70 kg de papel, embalagens e vidro, valor acima da meta definida no PERSU 2020.  - Entre 2012 e 2014 a taxa de reciclagem aumentou de 26,9% para 32,0%.</p>	(Lipor, 2015a; Maiambiente, 2014)

**Tabela 2.4** – Experiências de recolha seletiva Porta a Porta, a nível nacional e internacional, e principais resultados obtidos (Continuação).


País	Contextualização da implementação (setor doméstico)	Principais Resultados	Referência
<p><b>Espanha</b></p> 	<p><b>Município:</b> Argentona (25,2 km<sup>2</sup>);  <b>População:</b> 11 999 habitantes (em 2014);  <b>Densidade da área urbana:</b> 3 450 hab/km<sup>2</sup>;  Predominância de habitações em altura;  <b>Recolha de resíduos:</b> 6 500 t/ano;  <b>Ano de Implementação PaP:</b> 2004 (1.ª fase), 2007 (2.ª fase);</p> <p><b>Implementação:</b>  <b>1.ª fase:</b> Resíduos Orgânicos (pequenos contentores castanhos) e Fração Resto (sacos vermelhos);  <b>2.ª fase:</b> Abrangência de 75 % da população, com recolha de Embalagens (sacos amarelos semitransparentes), Papel (acondicionado em caixas de cartão ou atado em fardos) e Fraldas (sacos brancos); Vidro recolhido através de contentores na via pública.</p> <p><b>Frequências de recolha:</b>  Fração orgânica – 3 vezes /semana (4.ª, 6.ª e Domingo); 4 vezes/semana no verão;  Fração embalagens – 2 vezes/semana (2.ª e 5.ª);  Fração papel/cartão – 1 vez/semana (3.ª);  Fração resto (indiferenciada) – 1 vez/semana (Sábado); Não existem contentores na rua para esta fração;  Fraldas – diariamente (compartimento separado em cada camião de recolha).</p> <p><b>Horários de recolha:</b>  Colocação dos resíduos na via pública entre as 20 e as 22h, com recolha após as 22h (recolha noturna).  - Os munícipes pagam a recolha através da aquisição de sacos seletivos taxados, à venda em superfícies comerciais. O custo médio por família é de 140 €/ano.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No 1.º ano (2004 para 2005), a taxa de reciclagem aumentou de 20% para 52%, e a fração resto decresceu de 80% para 48%;</li> <li>- Aumento da taxa de reciclagem de 52% (2008) para 68,5% (2012), com ligeira quebra para 65,1% em 2013;</li> <li>- Capitação de orgânicos incrementada de 280 g/dia (2008) para 357 g/dia (2010); Ligeira redução em 2011 para 344 g/dia.</li> <li>- Redução da capitação média dos resíduos produzidos de 1,67 kg/hab/dia, em 2009, para 1,47 kg/hab/dia em 2013, representando uma redução de 12,7% dos quantitativos globais dos resíduos produzidos, no mesmo período.</li> <li>- Redução de custos com viaturas de recolha, contentorização e incineração;</li> </ul>	(Lipor, 2014)

Adicionalmente aos casos anteriormente apresentados, em Portugal, existem mais exemplos de implementação de sistemas de recolha seletiva PaP. Neste contexto, apresentam-se na Tabela 2.5 alguns exemplos, ressaltando-se que os respetivos Municípios não se encontram inseridos no Sistema Lipor e, portanto, não foram analisados por este. Acresce, ainda o facto de a informação apresentada se centrar na caracterização dos sistemas implementados e não na análise dos resultados obtidos através deste sistema.

Tabela 2.5 – Casos de implementação de sistemas de recolha seletiva porta a porta, em Portugal (Lavita, 2008).

Município	Caracterização do sistema PaP
<b>Funchal</b>  	<p><b>População Município:</b> 99 487 hab (2007);  <b>Área:</b> 76,2 km<sup>2</sup> (1 506 hab/km<sup>2</sup>)  <b>Tipologias habitacionais:</b> Moradias e edifícios em altura;  <b>População abrangida pelo PaP:</b> 63 596 habitantes;  <b>Implementação:</b>  Fluxo papel/cartão - início da década de 90;  Fluxo vidro - março 2003;  Fluxo plástico/metall - outubro 2006;  <b>Equipamentos de deposição:</b>  Fluxo papel/cartão - contentores de 50 L, 120 L ou sacos azuis (110 L);  Fluxo vidro - contentores de 50 L ou 120 L;  Fluxo plástico/metall - contentores de 50 L, 75 L ou 120 L (moradias); contentores de 240 L (edifícios de alto porte);  <b>Frequências de recolha:</b>  Fluxo papel/cartão - 3 vezes por semana na zona da Sé; 1 vez por semana nas restantes zonas;  Fluxo vidro - 1 vez por semana;  Fluxo plástico/metall - 1 vez por semana;  <b>Sistema de recolha:</b>  Fluxo plástico/metall e vidro - viatura bi-fluxo de 8 m<sup>3</sup> (duas cubas de 4 m<sup>3</sup>); Cuba do fluxo plástico/metall possui compactação e é limitante da recolha pois enche mais rapidamente;  Fluxo papel/cartão - viatura mono-fluxo de 7 m<sup>3</sup>, com compactação  <b>Circuitos:</b>  Tempo médio de cada circuito (bi-fluxo) - 10,8 h;  Distância média por circuito (bi-fluxo) - 92 km;  Quantidades médias recolhidas (bi-fluxo)- 667,8 kg (fluxo plástico/metall); 2 966,7 kg (fluxo vidro);  <b>Quantidades recolhidas por ano (2007):</b>  Fluxo papel/cartão - 208 364 kg;  Fluxo vidro - 925 600 kg;  Fluxo plástico/metall - 451 000 kg;</p>
<b>Óbidos</b>  	<p><b>População Município:</b> 10 875 hab;  <b>Área:</b> 142,4 km<sup>2</sup>;  <b>População abrangida pelo PaP (Resioeste):</b> 2 108 habitantes (59,5 km<sup>2</sup>; 76 hab/km<sup>2</sup>);  <b>Zonas abrangidas pelo PaP (Resioeste):</b> Olho Marinho, Amoreira e A-da-Gorda;  <b>Tipologia habitacional predominante:</b> Moradias;  <b>Data implementação:</b> Abril 2007;  <b>Equipamentos de deposição:</b>  Fluxo papel/cartão - sacos azuis translúcidos;  Fluxo vidro - vidrões colocados na via pública;  Fluxo plástico/metall - sacos amarelos translúcidos;  <b>Frequências de recolha:</b>  Fluxos papel/cartão - 1 vez por semana;  Fluxo plástico/metall - 1 vez por semana;  <b>Sistema de recolha:</b>  Camiões de 7 500 kg (&lt; 15 m<sup>3</sup>) de caixa aberta, com grua;  <b>Circuitos:</b>  Tempo médio de cada circuito - 5,75 h para fluxo papel/cartão; 6,85 h para fluxo plástico/metall;  Distância média por circuito - 30 km (fluxo papel/cartão); 50 km (fluxo plástico/metall);  Quantidades médias recolhidas - 691 kg (fluxo cartão/papel); 576 kg (fluxo plástico/metall);  <b>Quantidades recolhidas por ano (2007, Resioeste):</b>  Fluxo papel/cartão - 35 921 kg;  Fluxo plástico/metall - 29 973 kg;</p>

**Tabela 2.5 – Casos de implementação de sistemas de recolha seletiva porta a porta, em Portugal (Lavita, 2008)**  
(Continuação).

Município	Caracterização do sistema PaP
<b>Marinha Grande</b> 	<p><b>População Município:</b> 38 480 hab;  <b>Área:</b> 187 km<sup>2</sup> (205 hab/km<sup>2</sup>)  <b>Data de implementação:</b> outubro 2011;  <b>População abrangida pelo sistema PaP:</b> 4 700 hab ;  <b>Tipologias habitacionais:</b> Edifícios de baixo porte e moradias;  <ul style="list-style-type: none"> <li>Inicialmente abrangeram-se duas zonas em que uma era constituída essencialmente por edifícios de baixo porte e outra por edifícios de alto porte. Contudo, esta última foi descartada uma vez que a presença de sacos na via pública constantemente gerou problemas estéticos e higiénicos.</li> </ul> <b>Equipamentos de deposição:</b>  Fluxo papel/cartão - sacos azuis translúcidos;  Fluxo vidro - vidrões colocados na via pública;  Fluxo plástico/metall - sacos amarelos translúcidos;  <ul style="list-style-type: none"> <li>Os sacos são distribuídos gratuita e quinzenalmente, pela Valorlis. Utiliza-se sacos em vez de cestos de 35 L pois a distribuição destes últimos tornaria o processo de recolha muito oneroso, inviabilizando-o.</li> </ul> <b>Frequências de recolha:</b>  Fluxos papel/cartão - 1 vez por semana;  Fluxo plástico/metall - 1 vez por semana;  <b>Sistema de recolha:</b>  Viatura de caixa aberta de 15 m<sup>3</sup>, com grua, sem compactação;  <b>Circuitos:</b>  Tempo médio de cada circuito - 4 a 4,5 h;  Distância média por circuito - 56 km;  Quantidades médias recolhidas - Fluxo papel/cartão: 1,5 t; Fluxo plástico/metall: 0,9 t;  <b>Quantidades recolhidas por ano:</b>  Fluxo papel/cartão - 78 000 kg;  Fluxo plástico/metall - 46 800 kg;</p>

Após a análise da Tabela 2.5 é possível aferir que, em Portugal, os casos apresentados revelam que quer em Óbidos quer na Marinha grande a implementação do sistema apenas foi aplicada ao papel e cartão e plástico e metal (sacos translúcidos), sendo que para o vidro, recorre-se a vidrões de deposição coletiva, colocados na via pública. Por sua vez, no caso do Funchal, recorre-se, para todos os fluxos, a contentores, embora de capacidades diferentes. As frequências de recolha são similares em todos os casos, com exceção da recolha de papel e cartão no Município do Funchal que é efetuada três vezes por semana. Relativamente ao tempo médio, distâncias percorridas por circuito e quantidades recolhidas, estas dependem da população abrangida pelo sistema.

### 2.6.1. Descrição da Experiência da Recolha Seletiva Porta a Porta em França

Como complemento aos estudos já enunciados, especifica-se a experiência da recolha seletiva PaP no setor residencial em França, descrita por Lavita (2008). A escolha deste país é justificada, segundo o autor, por possuir condições climáticas

semelhantes às Portuguesas e um vasto histórico ao nível das recolhas seletivas PaP. França possui uma área de 547 030 km<sup>2</sup>, sendo que em 2008 a sua população rondava os 64 milhões de habitantes, equivalendo a uma densidade populacional de 117 hab/km<sup>2</sup> (Lavita, 2008).

Ao contrário do que se verifica em Portugal, cerca de 75 % da população francesa encontra-se abrangida por sistemas de recolha PaP ao nível doméstico, existindo dez sistemas diferentes de recolha PaP. Os sistemas mais comuns designam-se BCJMP e BCMP (em que B- ECAL, C-Cartão, J- Jornais, M-Metal, P-Plástico (apenas embalagens rolantes, excluindo o filme)), que no seu conjunto abrangem 36 milhões de habitantes, representando cerca de 86 % da população beneficiária do sistema PaP. O primeiro sistema é complementado por vidrões colocados na via pública, sendo a população abrangida por este sistema servida por contentores (70 %), sacos (21 %), escolha livre (contentores ou sacos) (3,2 %), contentores compartimentados (3 %) ou cestos (3 %). Já o segundo sistema é complementado por contentores específicos para deposição de jornais e vidrões, sendo que 53 % da população abrangida é servida por contentores, 34 % por sacos, 7 % por cestos e 4,5 % por escolha livre (Lavita, 2008).

Em edifícios de alto porte (habitações coletivas com mais de 10 alojamentos) os equipamentos fornecidos possuem a capacidade de 660 m<sup>3</sup>, são fechados com chave e apenas abertos pelo encarregado de limpeza. Para zonas de moradias os contentores fornecidos possuem capacidades entre 120 e 240 L. Relativamente à recolha, os veículos não possuem compactação, recolhendo, em média, cerca de 4 toneladas de resíduos por circuito (Lavita, 2008).

De acordo com dados da *Ecoemballages* (que faz a gestão do fluxo de embalagens no país) a evolução percentual das quantidades retomadas *per capita* através do sistema de recolha PaP, relativamente ao sistema de recolha por ecopontos, por tipologia de edificado, variou conforme a Tabela 2.6.

**Tabela 2.6** – Aumento percentual de quantidades retomadas *per capita* do sistema PaP face ao sistema de recolha por ecopontos (Lavita, 2008).

Tipologia de Habitação <sup>1</sup>	Papel/cartão	Embalagens	Vidro
<b>Urbano</b>	+ 127,4 %	- 10,9 %	+ 28,5 %
<b>Semi-Urbano</b>	+ 67,7 %	+ 80,6 %	+ 30,0 %
<b>Semi-Rural</b>	+ 89,8 %	+ 69,4 %	+ 26,0 %
<b>Rural</b>	+ 92,9 %	+ 45,4 %	+ 9,8 %

<sup>1</sup> **Urbano** - % de habitações coletivas igual ou superior a 40%; **Semi-urbano** - % de habitações coletivas entre 10 e 40%; **Semi-Rural** - % de habitações coletivas inferior a 10% e mais de 90% da população habita em comunidades rurais; **Rural** - % de habitações coletivas inferior a 10% e menos de 90% da população habita em comunidades rurais.

Segundo os dados apresentados é possível aferir que o sistema de recolha seletiva PaP em França permite para todas as tipologias de edificado resultados superiores aos obtidos via recolha por ecopontos, exceto a recolha de embalagens em meio urbano, que apresentou melhores resultados via ecopontos, e cujas razões não se apresentam explicitadas.

Todos os casos de implementação de sistemas de recolha seletiva PaP, apresentados ao longo do subcapítulo 2.6, evidenciam incrementos substanciais nas quantidades de resíduos recolhidos seletivamente. Sabe-se, ainda, que estes sistemas revelam-se mais eficientes em áreas onde predominam moradias ou habitações em altura com compartimentos dedicados ao armazenamento de resíduos, sendo que na inexistência destes, a dificuldade de implementação leva à recorrência a equipamentos de deposição coletiva colocados na via pública (ecopontos de proximidade).



## Capítulo 3

### Município de Espinho

Espinho é um Concelho pertencente à Área Metropolitana do Porto, localizado no distrito de Aveiro, e que apresenta uma área de aproximadamente 21,1 km<sup>2</sup>. De acordo com dados estimados para o ano 2015, pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), que preveem uma redução anual de 0,36 % da população (face ao ano 2011), residiam no Município de Espinho cerca de 30 308 habitantes, distribuídos por quatro freguesias: Espinho, União das Freguesias de Anta e Guetim, Silvalde e Paramos (Figura 3.1). Em termos habitacionais, numa visão geral, o Município evidencia uma prevalência de edifícios de baixo/médio porte nas freguesias de Silvalde, Paramos e União das Freguesias de Anta e Guetim, sendo que na freguesia de Espinho predominam habitações em altura (2 a 8 alojamentos por edifício) (CME, 2015).



Figura 3.1 – Município de Espinho.

#### 3.1. Caracterização das Freguesias

O estudo do Município por freguesia é fundamental na perceção das principais características da população, da sua distribuição, bem como do tipo de habitações em que esta se encontra alojada. Desta forma consegue-se obter uma perceção do público-alvo que permita definir futuramente áreas de estudo piloto, possibilitando a adoção de medidas e ações adaptadas a cada realidade.

Note-se que na caracterização considerar-se-á a União das Freguesias de Anta e Guetim como duas freguesias independentes, nomeadamente Anta e Guetim, uma vez

que a sua união é relativamente recente (realizada em 2013, no âmbito de uma reforma administrativa nacional) e os dados disponíveis para análise consideram-nas individualmente. Ressalva-se, ainda, que os dados apresentados remetem para o ano 2011, ano no qual foram realizados os últimos censos.

Na Tabela 3.1 apresenta-se uma visão global de cada freguesia, nomeadamente no que respeita à população, área e respetiva densidade populacional. Assim, da sua análise, é possível aferir que apesar de as freguesias de Anta e Espinho conterem aproximadamente o mesmo número de habitantes, Espinho apresenta uma densidade populacional bastante superior, dada a sua reduzida área. Deduz-se, assim, que em Espinho a população se encontra mais concentrada, o que se repercute na tipologia habitacional que é predominantemente habitações em altura. Nas restantes freguesias, isto é, Anta, Guetim, Silvalde e Paramos, a população encontra-se mais dispersa, sendo Silvalde a freguesia que apresenta menor densidade populacional.

*Tabela 3.1 – Análise das freguesias em termos de população, área e densidade populacional (adaptado de (INE, 2016a)).*

Freguesia	População Residente (hab)	Área (km <sup>2</sup> )	Densidade populacional (hab/ km <sup>2</sup> )
<b>Anta</b>	10 363	6,02	1 722
<b>Espinho</b>	9 832	1,77	5 567
<b>Guetim</b>	1 403	1,95	721
<b>Silvalde</b>	3 515	5,87	599
<b>Paramos</b>	6 673	5,45	1 223
<b>Total Município</b>	31 786	21,1	1 509,5

Relativamente à população, na Tabela 3.2 apresenta-se uma análise relativa à sua distribuição por grupos etários e por grau de habilitações. Verifica-se que em todas as freguesias a dimensão média das famílias é bastante próxima situando-se, em média, entre os 2 e 3 habitantes. Quanto à distribuição da população por grupo etário, constata-se que a maior parte da população, em todas as freguesias, possui idades compreendidas entre os 25 e os 64 anos, destacando-se que a freguesia de Espinho possui o maior percentual de habitantes com idades superiores a 65 anos, apresentando, por isso, a população mais envelhecida quando comparada com a das restantes freguesias, que apresentam maiores percentuais de habitantes com idades inferiores a 25 anos do que superiores a 65 anos, representando populações mais jovens, o que em termos de implementação de novos sistemas de recolha de resíduos pode ser vantajoso, pois os indivíduos mais jovens encontram-se, normalmente, mais sensibilizados para questões ambientais.

**Tabela 3.2** – Distribuição da população por grupo etário e grau de habilitações, por freguesia (adaptado de (INE, 2016b)).

		<b>Anta</b>	<b>Espinho</b>	<b>Guetim</b>	<b>Silvalde</b>	<b>Paramos</b>
<b>População</b>	Dimensão média das famílias	2,72	2,33	2,9	2,87	2,85
<b>Grupo Etário</b>	0 - 14 Anos	13,5%	11,3%	13,1%	13,7%	13,0%
	15 - 24 Anos	11,1%	8,7%	11,7%	12,4%	11,9%
	25 - 64 Anos	57,5%	54,2%	55,7%	56,0%	56,1%
	≥ 65 Anos	17,8%	25,8%	19,5%	17,9%	19,0%
	<b>Idade média população</b>	<b>42,6</b>	<b>46,7</b>	<b>43,3</b>	<b>42,3</b>	<b>43,2</b>
<b>Grau de Habilitações</b>	Sem habilitações	16,4%	12,1%	21,1%	20,3%	21,3%
	1.º, 2.º ou 3.º Ciclos	59,0%	50,0%	63,4%	63,8%	64,5%
	Secundário	12,0%	16,4%	10,0%	9,2%	8,3%
	Pós-secundário ou Superior	12,7%	21,5%	5,4%	6,7%	6,0%

No que toca às habilitações literárias, de acordo com a Tabela 3.2, a maioria dos habitantes possui o ensino básico (1.º, 2.º ou 3.º ciclos), em todas as freguesias, destacando-se as freguesias de Guetim e Paramos que apresentam os maiores percentuais de habitantes sem qualquer tipo de habilitações e que, em contrapartida, Espinho é a freguesia que apresenta um maior grau de habilitações, sendo que 21,5% da população possui um curso pós-secundário ou superior.

A análise do número de alojamentos e da sua distribuição pela área da região é, de igual modo, um conjunto de fatores que se deve analisar por forma a perceber a tipologia de habitações em cada zona. Neste contexto, apresenta-se na Tabela 3.3 o número de alojamentos e de edifícios em cada freguesia, bem como a distribuição dos alojamentos por edifício.

**Tabela 3.3** – Caracterização do Número de alojamentos e edifícios, e distribuição dos alojamentos por edifício (adaptado de (INE, 2016c)).

	<b>Anta</b>	<b>Espinho</b>	<b>Guetim</b>	<b>Silvalde</b>	<b>Paramos</b>
<b>N.º de Edifícios</b>	2 657	2 491	445	1 288	2 008
<b>N.º de Alojamentos Clássicos</b>	4 643	6 291	568	1 481	2 770
<b>Alojamentos residência habitual</b>	81 %	66 %	85 %	82 %	84 %
<b>Densidade de Alojamentos</b>	771,8	3 571,4	291,9	252,7	508,4
<b>Escalão de dimensão dos edifícios</b>					
<b>1 Alojamento</b>	2 198	1 514	362	1 207	1 659
<b>2 Alojamentos</b>	165	278	61	41	206
<b>3 Alojamentos</b>	39	136	13	7	48
<b>4 Alojamentos</b>	18	119	4	8	28
<b>≥ 5 Alojamentos</b>	237	444	5	25	67

Tal como aferido através das análises de densidade populacional, a freguesia de Espinho apresenta uma população mais concentrada, que se repercute na relação entre o número de edifícios e o número de alojamentos. Deste modo, esta é a freguesia que

apresenta uma maior densidade de alojamentos, apresentando um maior número de alojamentos por edifício. Neste contexto, cada edifício na freguesia de Espinho possui, maioritariamente, 1 ou mais de 5 alojamentos, traduzindo-se em habitações em altura. Analisando a freguesia de Anta observa-se que as tipologias habitacionais predominantes são moradias e edifícios contendo mais de 5 alojamentos, ao passo que em Guetim, Silvalde e Paramos predominam edifícios com apenas 1 alojamento, isto é, moradias.

Importa ainda referir que em todas as freguesias uma parte dos alojamentos não constituem residência habitual dos cidadãos, destacando-se que na freguesia de Espinho apenas 66 % dos alojamentos são de residência habitual, ao passo que nas restantes este valor situa-se entre os 80 e 85 % (INE, 2016d). Tal facto deve-se a Espinho se tratar de um Município turístico, com maior afluência de pessoas em determinadas épocas do ano, especialmente no verão, sendo que parte dos alojamentos existentes constituem casas de férias e não residência habitual dos cidadãos.

### 3.2. Análise Quantitativa e Qualitativa dos Resíduos Urbanos Gerados

Espinho constitui um dos oito municípios inseridos no Sistema Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. Dados referentes ao ano de 2015 indicam que foram produzidas, em todo o Município, e rececionadas pela LIPOR, um total de 16 444 toneladas de RU, o equivalente a 543 kg/hab/ano, considerando uma população de 30 308 habitantes, para esse ano, registando-se um ligeiro decréscimo face ao ano 2014 cuja produção total foi de 16 539 toneladas de RU.

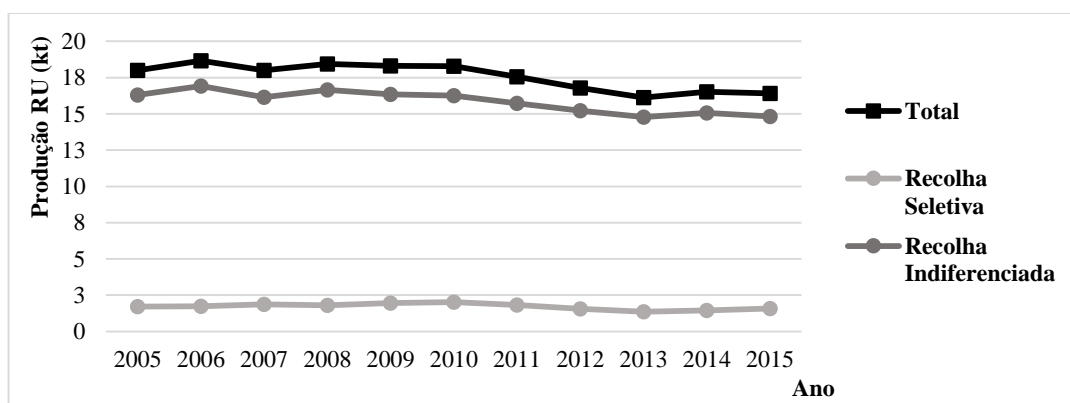


Figura 3.2 – Evolução da Produção de RU, no Município de Espinho, entre 2005 e 2015 (adaptado de (Lipor, 2016a)).

A Figura 3.2 apresenta a evolução da produção de RU, no Município de Espinho, desde o ano 2005 até 2015, conforme registos realizados pela Lipor. Constata-se que a

produção total de RU teve o decréscimo mais significativo no período entre 2010 e 2013, tendo aumentado no ano 2014 e diminuído no ano seguinte (2015), tal como referido anteriormente. É, ainda, possível aferir que no período em questão há uma prevalência significativa da recolha indiferenciada face à recolha seletiva, tendo contudo esta última aumentado ligeiramente após o ano 2013, seguindo, deste modo, o panorama nacional, conforme apresentado na Figura 2.6.

Por sua vez, na Tabela 3.4 apresentam-se os quantitativos relativos à produção de RU, no Município, em 2015, bem como a sua composição global, conforme obtido através dos registos realizados pela LIPOR (Lipor, 2016a).

**Tabela 3.4** – Quantidade de Resíduos Urbanos produzidos no Município e rececionados pela Lipor, em 2015 (adaptado de (Lipor, 2016a)).

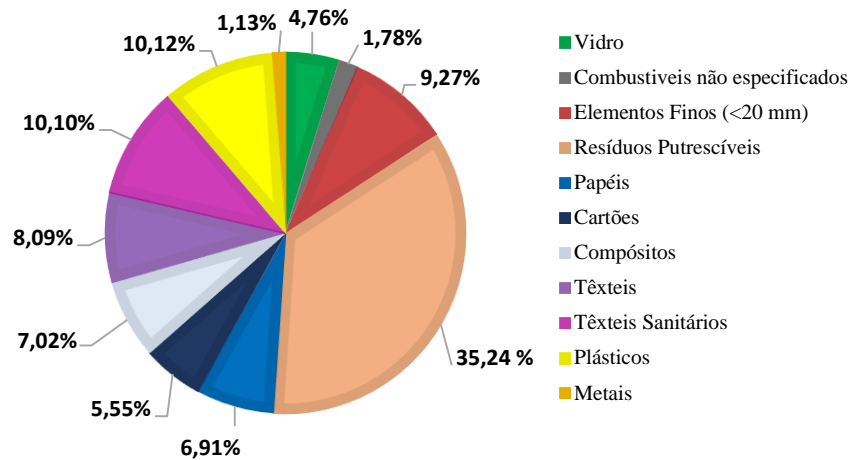
	Produção (t/ano)	Capitação (kg/hab/ano)
<b>RU da Recolha Seletiva</b>	<b>1978</b>	<b>65,3</b>
Multimaterial 3F (alvo meta RS)	872	28,8
Resíduos Orgânicos	470	15,5
Resíduos Verdes	422	13,9
Madeiras	42	1,4
Outros Valorizáveis	7	0,2
Outros	165	5,5
<b>RU da Recolha Indiferenciada</b>	<b>14465</b>	<b>477,3</b>
Multimaterial 3F (alvo meta RS)	4493	148,2
Resíduos Orgânicos	4172	137,6
Resíduos Verdes	926	30,5
Madeiras	220	7,3
Outros	4655	153,6
<b>Total RU</b>	<b>16444</b>	<b>543</b>
Multimaterial 3F (alvo meta RS)	5365	177,0
Resíduos Orgânicos	4642	153,2
Resíduos Verdes	1348	44,5
Madeiras	262	8,6
Outros	4827	159,3

**Nota:** Os dados da recolha seletiva de madeiras são provenientes do próprio município, não constando nas bases de dados da Lipor.

Analisando os valores apresentados, constata-se que, em 2015, da produção total de resíduos urbanos, 88 % provém da recolha indiferenciada, sendo que apenas cerca de 12% dos resíduos produzidos no Município foram alvo de recolha seletiva. Note-se que face ao ano 2014 registou-se um incremento de 2 pontos percentuais na recolha seletiva e consequente diminuição da recolha indiferenciada.

Periodicamente, são efetuadas caracterizações físicas dos resíduos indiferenciados rececionados na Lipor, de acordo com a metodologia definida na Portaria n.º 851/2009, de 17 de agosto. Assim, a Figura 3.3 representa a composição física dos resíduos indiferenciados produzidos no Município de Espinho, apurada em 2014, pela Lipor, da qual se depreende que existe uma quantidade bastante significativa de valorizáveis, cerca de 70 %, presentes na fração indiferenciada. Nestes valorizáveis destaca-se o peso

dos resíduos alimentares (28,84 %) e de jardim (6,40 %), plásticos (10,1 %), vidro (4,76%) e resíduos de papel/cartão (12,5 %) (CME, 2015).



**Figura 3.3** – Composição física dos Resíduos Urbanos indiferenciados do Município de Espinho, em 2014 (CME, 2015).

### 3.3. Recolha de Resíduos

No ano 2015, cerca de 12 % dos RU produzidos no Município foram recolhidos seletivamente, sobretudo através de ecopontos e ecocentros, existindo, contudo, alguns serviços de recolha específicos, tais como a recolha seletiva em comércio e serviços, recolhas a pedido e recolha de verdes e orgânicos (nestes últimos a recolha apenas abrange grandes produtores - Projeto Restauração 5 estrelas). Os 88 % de resíduos indiferenciados foram recolhidos através de um sistema misto de PaP (na freguesia de Espinho) e contentores colocados na via pública (restantes freguesias) (CME, 2015).

Após serem recolhidos, os resíduos têm como destino o tratamento nas várias unidades da LIPOR, sendo que os provenientes da recolha multimaterial são encaminhados para o Centro de Triagem (LIPOR I), os resíduos orgânicos para a Central de Valorização Orgânica (LIPOR I) e os resíduos indiferenciados são enviados para a Central de Valorização Energética (LIPOR II).

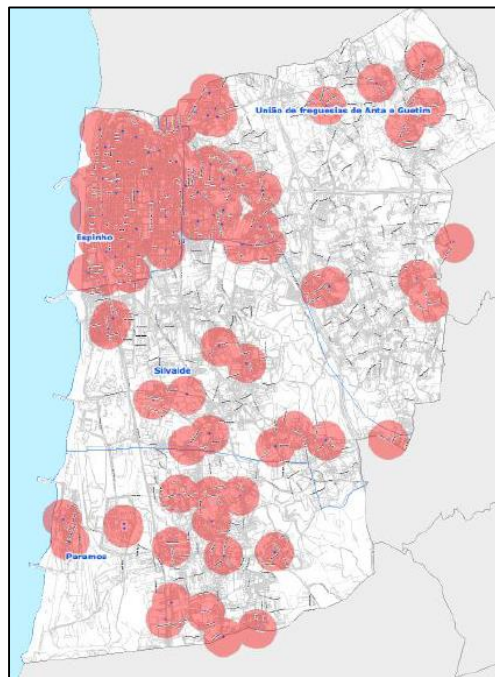
#### 3.3.1. Recolha Seletiva em Ecopontos

Como referido, parte da recolha seletiva multimaterial é efetuada através de uma rede de ecopontos constituída por 95 ecopontos triplos (modelo *Cyclea* predominantemente), localizados essencialmente na via pública, sendo que algumas unidades se encontram em escolas e instituições do Concelho. A Tabela 3.5 explicita os equipamentos de deposição seletiva existentes em todo Município, bem como a sua quantidade.

**Tabela 3.5** – Equipamentos de deposição seletiva existentes no Município de Espinho (CME, 2016a).

Equipamento	Modelo	Tipo	Quantidade
Ecopontos triplos	Cyclea	Superfície	91
	Molok	Subterrâneo	4

Considerando apenas os ecopontos triplos localizados na via pública obtém-se um grau de cobertura de 316 habitantes/ecoponto. No entanto, ao analisar o indicador, da ERSAR, acessibilidade do serviço de recolha seletiva, definido como “a percentagem de alojamentos com serviço de recolha selectiva (a uma distância máxima de cerca de 200 m), e/ou porta a porta, disponibilizado pela entidade gestora da sua área de intervenção”, verifica-se uma cobertura incompleta do Concelho, apresentando este uma taxa de cobertura de apenas 79 %, correspondendo a uma qualidade de serviço mediana (ERSAR, 2015). Através da Figura 3.4, facilmente se depreende que o aglomerado de Espinho apresenta uma taxa de cobertura muito próxima dos 100%, isto é, um ecoponto dista um máximo de 200 metros de uma dada habitação, sendo que nas restantes freguesias do Concelho (Silvalde, Paramos e União de Freguesias de Anta e Guetim), se verifica uma menor qualidade na acessibilidade do serviço.



**Figura 3.4** – Cobertura de ecopontos (raio de influência de 200 m) no Município de Espinho, no ano 2014 (CME, 2015).

A recolha dos ecopontos é da responsabilidade do Município, sendo realizada com recurso viaturas especializadas, propriedade deste. As recolhas são efetuadas em período diurno (das 06h00 às 13h30), de segunda a sexta-feira, conforme apresentado na Tabela 3.6.

*Tabela 3.6 – Frequências de recolha de ecopontos, no Município de Espinho (CME, 2015).*

Dia da Semana	Material Recolhido
<b>Segunda-Feira</b>	Embalões das freguesias e zona norte do centro da cidade
<b>Terça-Feira</b>	Embalões da cidade
<b>Quarta-Feira</b>	Papelões da cidade
<b>Quinta-Feira</b>	Vidrões do concelho
<b>Sexta-Feira</b>	Embalões e papelões em zonas de maior produção que exigem mais do que uma recolha semanal

Note-se, contudo, que dependendo da localização de alguns ecopontos, como por exemplo em zonas de elevada produção, as frequências de recolha são ajustadas (CME, 2015).

De acordo com a informação constante da base de dados da Lipor, os quantitativos referentes aos resíduos recolhidos, em 2015, via ecopontos totalizaram cerca de 469 toneladas, o equivalente a 15,5 kg/hab/ano (Lipor, 2016a).

### **3.3.2. Recolha Seletiva em Ecocentros**

O Município de Espinho tem à sua disposição dois ecocentros, nomeadamente o Ecocentro de Anta e de Silvalde, os quais rececionam papel/cartão, plásticos, vidro, sucatas, madeiras, REEE, resíduos verdes, entre outros materiais.

O horário de funcionamento dos ecocentros é diurno, das 09h00 às 12h00 e das 14h00 às 18h00, tendo-se rececionado nos ecocentros, em 2015, um total de 650 toneladas de resíduos, correspondentes a uma capitação de aproximadamente 21,4 kg/hab/ano (CME, 2015; Lipor, 2016a). Note-se que o elevado valor de resíduos recolhidos via ecocentros face à recolha por ecopontos deve-se, entre outros aspetos, ao facto de estes funcionarem como estações de transferência para os resíduos recolhidos nos ecopontos, quando o grau de enchimento das viaturas não justifica uma deslocação à Lipor. Assim, uma vez que não é efetuado um registo de pesagens nos ecocentros, não é possível quantificar qual a percentagem RU que reflete este panorama.

### **3.3.3. Recolha Seletiva em Comércio e Serviços**

Em 2015, o serviço de recolha seletiva PaP não residencial, em comércio e serviços, abrangia cerca de 20 aderentes, incluindo escolas. São recolhidos por esta via vários tipos de resíduos recicláveis, nomeadamente papel/cartão, embalagens (plásticas e metálicas) e vidro, que são depositados em contentores de 120 L ou 240 L, podendo também ser recolhidos em sacos ou a granel. As recolhas são efetuadas uma vez por semana (quinta-feira), em horário diurno (entre as 08h30 e as 15h00), através de um



circuito específico, excetuando-se o Casino de Espinho onde a recolha é efetuada de diariamente, de segunda-feira a Sábado, entre as 08h30 e as 09h00 (CME, 2015).

Desde meados de fevereiro do presente ano está a ser implementado um sistema de recolha seletiva PaP em comércio, além do supra referido, abrangendo cerca de 96 produtores de resíduos (valor à data 16-03-2016). Os resíduos são recolhidos, através de um circuito especial, usando sacos fornecidos pelo Município, para os fluxos papel/cartão, embalagens e vidro. Tal como na situação anterior, o horário de recolha é diurno, ocorrendo entre as 13h00 e as 20h00, de segunda a sexta-feira.

#### **3.3.4. Recolha Seletiva de Orgânicos**

A recolha de resíduos orgânicos abrange cerca de 100 produtores não residenciais, os quais se inserem no projeto Restauração 5 estrelas, estimando-se que, em 2015, foram recolhidas cerca de 470 toneladas de resíduos orgânicos por esta via, os quais tiveram como destino a Central de Valorização Orgânica da Lipor. Os equipamentos de deposição utilizados variam de caso para caso, sendo utilizados contentores das seguintes capacidades: 50 L, 80 L, 140 L ou 800 L. A recolha é efetuada através de um circuito específico, realizado apenas em dias úteis (segunda a sexta-feira) entre as 13h30 e as 20h30 (CME, 2015).

#### **3.3.5. Recolha Seletiva de Verdes**

Cabe a cada munícipe encaminhar os resíduos verdes por si produzidos para os ecocentros do Município, não existindo um sistema de recolha seletiva específico para este fim. Pode contudo, em situações excecionais, ser solicitada a recolha por parte do Município, sendo, nestes casos, as recolhas incorporadas no circuito de recolha de monstros (CME, 2015).

É efetuada a recolha seletiva de resíduos verdes nos cinco cemitérios do Município, entre as 06h00 e as 10h30, de todas as quintas-feiras. Nestes locais, das freguesias de Anta, Guetim, Silvalde e Paramos, os resíduos são depositados em contentores enterrados, do tipo *molok*, com capacidade de 5 m<sup>3</sup>, sendo que no cemitério de Espinho a deposição é efetuada em contentores de 800 L (CME, 2015).

Dados referentes ao ano 2015 indicam que foram recuperados no Município um total de 422 t de resíduos verdes, das quais 182 t correspondem a resíduos recolhidos nos cemitérios (CME, 2015).

### 3.3.6. Outras Recolhas Seletivas

Além das recolhas seletivas explicitadas nos pontos anteriores, o Município de Espinho proporciona, ainda, a recolha de OAU, sendo que para tal dispõe de 22 oleões para deposição destes resíduos. A responsabilidade pela recolha e valorização destes resíduos, bem como a manutenção e limpeza dos oleões pertence à EGI - Gestão de Resíduos, tendo sido recolhidos, em 2015, no Município, 1 121,59 kg de OAU (CME, 2015).

Para deposição de resíduos têxteis, como roupa e calçado, o Município dispõe de 22 contentores específicos, colocados junto de alguns dos ecopontos distribuídos pelo Concelho. A empresa *Sarah Trading* é a responsável pela colocação destes equipamentos no terreno, bem como pela recolha e encaminhamento dos materiais neles depositados.

Acresce, ainda, a recolha de monstros, que é efetuada mediante solicitação prévia do munícipe, junto dos serviços da CME. Assim, no dia estipulado, os cidadãos devem colocar o resíduo acessível para que este possa ser recolhido (CME, 2014).

### 3.3.7. Recolha Indiferenciada

A recolha indiferenciada passa por um misto de PaP, através de sacos, e de deposição nos 766 contentores de superfície colocados na via pública ou nos 28 contentores subterrâneos distribuídos por todo o Município, conforme apresentado na Tabela 3.7 (CME, 2015).

*Tabela 3.7 – Equipamentos de deposição de resíduos indiferenciados existentes no Município de Espinho (CME, 2016a).*

Equipamento	Capacidade	Quantidade
Contentor de superfície	800 L	743
	1 000 L	23
Contentor subterrâneo ( <i>molok</i> )	3 000 L	4
	5 000 L	24

A responsabilidade pela recolha e encaminhamento dos resíduos recolhidos de forma indiferenciada produzidos no Município de Espinho foi atribuída, a partir de Abril de 2016, através de subcontratação, a um custo de 27 €/t, à SUMA - Serviços Urbanos e Meio Ambiente, S.A (CME, 2016a). Esta empresa é também responsável pela lavagem, desinfeção, desengorduramento e desodorização dos contentores destinados à recolha indiferenciada, bem como pela limpeza urbana na freguesia de Espinho.

Os circuitos de recolha deste tipo de resíduos são efetuados de segunda-feira a sábado, em horário diurno (das 08h30 às 17h00) nas freguesias de Silvalde, Paramos e União de Freguesias de Anta e Guetim, e em horário noturno (21h00 às 03h00) no centro da cidade de Espinho (CME, 2015).

Em termos quantitativos, foram recolhidos e rececionados pela Lipor, em 2015, um total de 14 465 toneladas de RU provenientes da recolha indiferenciada, o equivalente a uma captação de 477 kg/hab/ano (Lipor, 2016a).

### **3.4. Sistema Tarifário de Resíduos Urbanos**

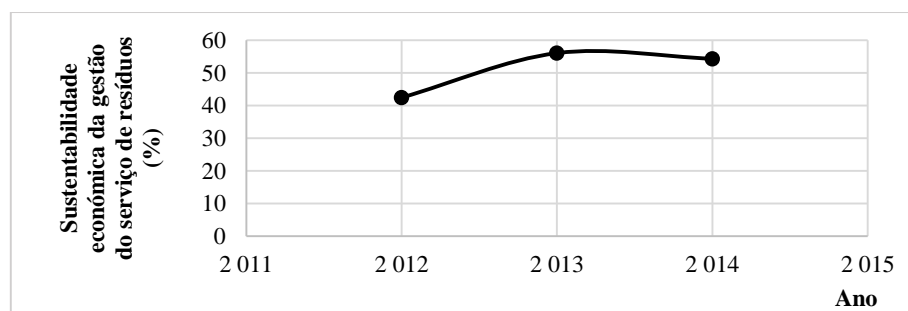
Relativamente ao Município de Espinho, com vista à recuperação dos encargos relativos à recolha e tratamento dos RU, estabeleceu-se uma tarifa de resíduos sólidos que diz respeito *“às actividades relativas à exploração e administração dos serviços de deposição, recolha, transporte, tratamento e destino final dos resíduos sólidos”*. Esta tarifa é determinada conforme o consumo de água de cada alojamento, prédio ou estabelecimento comercial ou industrial (CME, 2014).

Em Portugal, de facto, a maior parte dos tarifários associados ao serviço de gestão de RU, aplicados a utilizadores domésticos ou a eles equiparados, encontra-se indexado ao consumo de água. Esta solução não encoraja a redução da produção de resíduos, nem diferencia os produtores consoante o grau de separação de resíduos que fazem. Além disso é considerada injusta entre os consumidores, uma vez que, apesar de ser passível de relacionar maiores consumos de água a maiores produções de resíduos, pois ambas as variáveis dependem da dimensão dos agregados familiares, existem situações de exceção: um agregado familiar pode gerar muitos resíduos e consumir pouca água da rede pública, por possuir uma origem particular, ou um agregado familiar produzir poucos resíduos e/ou separá-los adequadamente, e consumir muita água, devido a rega de jardins, por exemplo (Pires, 2013).

As tarifas aplicadas desde 1 de janeiro de 2016, no Município de Espinho, referentes à remoção e tratamento de RU, para utilizadores do tipo doméstico, de acordo com o disposto no Edital n.º 2/2016, consistem numa tarifa fixa, função do intervalo de tempo de faturação e expressa em euros por cada trinta dias, no valor de 3,642 €/30 dias acrescida de uma tarifa variável, função do consumo de água, e correspondente a 40 % do valor relativo à tarifa variável de abastecimento de água (CME, 2016c). O valor da tarifa fixa apresentado é obtido com base nos custos fixos da recolha, isto é, nos salários

dos funcionários, gasóleo, manutenção e seguros de viaturas, custos de deposição, entre outros.

Não se obtendo informação mais recente, uma vez que os dados referentes a 2015 ainda não se encontram aprovados pela ERSAR, é sabido que no ano de 2014 os custos do Município em matéria de resíduos foram de 1 915 450,28 €, ao passo que os proveitos foram de 1 041 324,24 € (CME, 2016a). Assim, para efeitos do indicador de qualidade do serviço, a sustentabilidade económica da gestão é insatisfatória, uma vez que o Município apenas consegue cobrir 54,3 % dos seus custos em matéria de gestão de resíduos (ERSAR, 2013).



*Figura 3.5 – Evolução do indicador sustentabilidade económica da gestão do serviço de resíduos, entre 2012 e 2014, no Município de Espinho (CME, 2016a).*

De acordo com a Figura 3.5, verifica-se que o indicador em análise apresenta oscilações, sendo que do ano 2012 para 2013, o Município registou um aumento de cerca de 14% relativamente à cobertura de custos em matéria de gestão de resíduos. No entanto, em 2014 ocorreu uma quebra de dois pontos percentuais neste valor. Esta questão apresenta relevância no âmbito do presente estudo pois sabe-se que a implementação de sistemas de recolha PaP tem implicações económicas que podem ser significativas.

### 3.5. Cumprimento das Metas Estabelecidas no PERSU 2020

No âmbito do PERSU 2020 foram estabelecidas metas aplicáveis aos sistemas de gestão de resíduos, incluindo-se nestas as instituídas para o Sistema LIPOR. O cumprimento das metas impostas exige o contributo de todos os municípios abrangidos pela LIPOR, onde se inclui o Município de Espinho. As metas estipuladas para o sistema de gestão referido, bem como os resultados alcançados pelo Sistema LIPOR e pelo Município de Espinho, no ano de 2015, encontram-se na Tabela 3.8.

**Tabela 3.8 – Resultados face às metas do PERSU 2020 para o Sistema Lipor e para o Município de Espinho.**

	Metas para o Sistema Lipor (2020)	Resultados Sistema Lipor (2015)	Resultados Município de Espinho (2015)
<b>Retomas de Recolha Seletiva</b>	50 kg/hab	42,7 kg/hab	26,97 kg/hab
<b>Preparação para Reutilização e Reciclagem</b>	35 %	29,7 %	17,6 %
<b>Máximo de deposição de RUB em aterro</b>	10 %	0,01 %	-

**Nota:** Os dados do posicionamento face às metas foram cedidos pela Lipor e pelo Município de Espinho, respetivamente.

Tendo por base os resultados apresentados, constata-se que, em termos globais, o Sistema LIPOR encontra-se próximo das metas a alcançar em 2020, sendo que o contributo do Município de Espinho, no que se refere às retomas de recolha seletiva, está, ainda, longínquo dos resultados do Sistema Lipor, apesar de registar um acréscimo face a 2014, ano em que se registaram 24,75 kg/hab. Neste contexto, os planos de ação do Município de Espinho devem assentar em estratégias fortemente orientadas para o incremento da recolha seletiva (CME, 2015).

Atendendo à caracterização dos resíduos indiferenciados, e ao seu significativo potencial de recuperação, os trabalhos a realizar devem centrar-se em medidas que incentivem o aumento da recolha seletiva, recuperando materiais destes. Deste modo, considerando um crescimento na capitação de seletivos e a possibilidade de aumento da qualidade dos resíduos encaminhados para valorização, a estratégia do Sistema LIPOR (incluindo no Município de Espinho) passará pelo incremento da recolha seletiva PaP, quer residencial, quer não residencial (Lipor, 2015b).

A implementação da recolha seletiva PaP residencial visa, deste modo, optar por um novo esquema de recolha, cuja proximidade dos cidadãos e correspondente responsabilização é superior, permitindo o aumento da recuperação de recicláveis face à conseguida por vias tradicionais (ecopontos e ecocentros). Esta ação encontra-se, assim, enquadrada no eixo de intervenção número dois do PAPERSU do Município de Espinho, correspondente ao Incremento da Recolha Seletiva Multimaterial (CME, 2015).

Relativamente à diminuição da quantidade de resíduos biodegradáveis depositados em aterro, esta pode ser conseguida através do uso de instalações de compostagem ou de valorização energética, em prol das referidas deposições. Uma vez que o Sistema LIPOR já possui este tipo de práticas no seu modelo de gestão, possuindo as instalações necessárias com vista à minimização da deposição de resíduos em aterro, o esforço deverá centrar-se na otimização dos sistemas de recolha seletiva de resíduos biodegradáveis, no sentido do máximo aproveitamento dos recursos (Lipor, 2015b).



## **Capítulo 4**

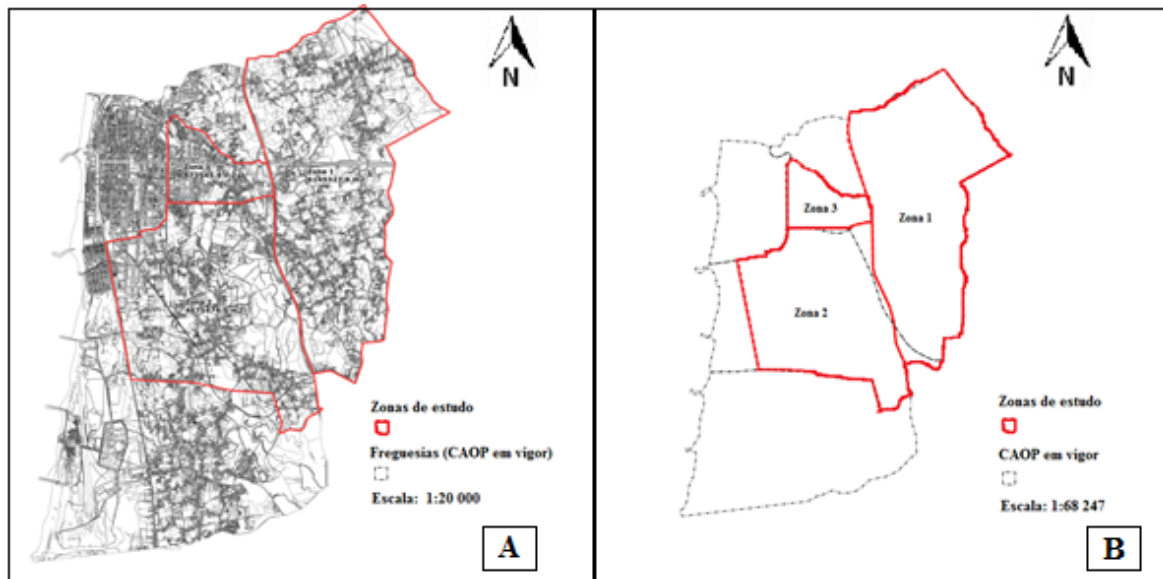
# **Projeto do Sistema de Recolha Seletiva Porta a Porta**

O presente capítulo destina-se à apresentação do projeto de recolha seletiva PaP a implementar no Município de Espinho. Assim, primeiramente, foram estudadas várias zonas passíveis de implementação, das quais se selecionou a que se considerou mais adequada ao estudo e ao sistema a implementar. Após a caracterização dessa zona definiram-se os equipamentos a utilizar, os meios necessários, frequências de recolha, o circuito a realizar e, por fim, efetuou-se uma avaliação dos impactos económicos do sistema a implementar, comparando-o com a situação atual.

### **4.1. Definição da Zona Piloto**

Consta no Eixo II de intervenção do PAPERSU do Município de Espinho a implementação da recolha seletiva PaP no setor residencial, com início previsto para 2017, e cuja abrangência será de cerca de 5 000 fogos (7 500 habitantes) (CME, 2015).

Contudo, numa primeira fase, o projeto centrar-se-á numa zona piloto, de menores dimensões, com cerca de 2 000 fogos (1 500 habitantes), tendo-se, inicialmente, delimitado três possíveis zonas, tal como apresentado na Figura 4.1.



**Figura 4.1** – Mapa do Município de Espinho: **A)** Delimitação das possíveis zonas de implementação do sistema Porta a Porta, evidenciando os eixos de via e a delimitação das freguesias; **B)** Realce das possíveis zonas de implementação do sistema Porta a Porta (CME, 2013).

Após delimitação foi, então, efetuada uma análise de cada uma das zonas referenciadas por forma a seleccionar a zona piloto para o projeto, apontando-se, ainda, possíveis vantagens e desvantagens de cada uma delas, tal como apresentado na Tabela 4.1. Note-se que as zonas 1 e 2, por serem bastante semelhantes nas suas características, foram analisadas conjuntamente no que toca a vantagens e inconvenientes.

**Tabela 4.1** – Vantagens e inconvenientes das possíveis zonas piloto.

	Vantagens	Inconvenientes
<b>Zona 1</b> <b>Freguesias abrangidas:</b> Anta e Guetim <b>N.º de edifícios:</b> 1 905 <b>N.º de alojamentos:</b> 2 152 <b>N.º de residentes:</b> 5 182 <b>Área:</b> 6,15 km <sup>2</sup> <b>Cobertura Município:</b> 29%	- Predominância de moradias (Zona 1 - 65%; Zona 2 - 63,7%); - Maior percentagem de cobertura da área do Município; - Facilidade de instalação do equipamento (área suficiente); - Satisfação da população por receber algo novo; - Redução do n.º de contentores na via pública;	- Maiores custos de operação (maior distância a percorrer no circuito; maior tempo de operação); - Capacidade de cumprir o circuito (Eventual necessidade de realizar mais do que um turno/circuito); - Possível desagrado perante recolha de indiferenciados (contentores colocados na via pública);
<b>Zona 2</b> <b>Freguesia abrangida:</b> Silvalde <b>N.º de edifícios:</b> 1 640 <b>N.º de alojamentos:</b> 2 058 <b>N.º de residentes:</b> 4 492 <b>Área:</b> 4,68 km <sup>2</sup> <b>Cobertura Município:</b> 22%	- Taxas de reciclagem baixas (potencial de melhoria de resultados através de sensibilização) <sup>1</sup> ; - Menores frequências de recolha necessárias (contrabalança os custos);	- Resistência à mudança; - Necessidade de forte aposta na sensibilização;

<sup>1</sup> (CME, 2016a)



**Tabela 4.1** – Vantagens e inconvenientes das possíveis zonas piloto (Continuação).

	Vantagens	Inconvenientes
<p><b>Zona 3</b></p> <p><b>Freguesia abrangida:</b> Anta  <b>N.º de edifícios:</b> 741  <b>N.º de alojamentos:</b> 1 922  <b>N.º de residentes:</b> 3 781  <b>Área:</b> 0,87 km<sup>2</sup>  <b>Cobertura Município:</b> 4 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menores custos de operação, em termos distância a percorrer no circuito;</li> <li>- População mais sensibilizada para questões ambientais, tendo em conta a maior predominância do meio urbano;</li> <li>- Sacos/cestos são melhor acondicionados dentro das habitações, embora desaconselháveis para a deposição de vidro;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitações em altura sem compartimentos de resíduos ou logradouros - cerca de 70% - (dificuldade de instalação dos equipamentos dentro de casa: contentores empilhados ou cestos);</li> <li>- Menor percentagem de cobertura da área do Município;</li> <li>- Necessidade de sistemas mistos de contentorização (tipo de recipientes muito condicionados pela tipologia de habitação);</li> <li>- Reações muito negativas por parte da população devido à falta de espaço para os equipamentos;</li> <li>- Em termos de operação implica muitos contentores na rua para recolha (inestético; dificuldades de passagem; trocas de contentores);</li> <li>- Recolha efetuada durante a noite (probabilidade de roubos);</li> <li>- Sacos colocados fora de hora/local pré definido além de ser inestético pode originar espalhamento dos resíduos na via pública (vandalismos/vetores);</li> <li>- Maiores despesas de aquisição e distribuição com os equipamentos de deposição (sacos/contentores);</li> <li>- Contentorização de menores dimensões implica maior frequência de recolha, aumentando os custos associados;</li> </ul>

Após a análise das possíveis zonas para implementação do projeto, e dada a especificidade do sistema a implementar, iriam surgir bastantes constrangimentos técnicos caso se optasse pela zona 3, uma vez que se trata de uma zona com predominância de habitações em altura, sem compartimentos de resíduos ou logradouros, para além dos restantes inconvenientes referidos na Tabela 4.1.

Neste contexto, tendo em atenção as características das zonas, optou-se por avançar com a zona 1 como piloto, sendo que esta abrange, maioritariamente, as freguesias de Anta e Guetim. Esta zona é a que apresenta um maior grau de cobertura do Município (29 %, correspondente a uma área de 6,15 km<sup>2</sup>) e, ainda, um maior percentual de moradias, considerando-se estes fatores preponderantes para a escolha. Note-se que numa perspetiva futura, o alargamento do sistema de recolha PaP avançaria para a zona 2, cujas características são mais próximas da zona 1, e posteriormente para a zona 3 e restante Município.

## 4.2. Caracterização da Zona Piloto

A zona piloto na qual se insere o presente estudo (zona 1) abrange, tal como referido, as freguesias de Anta e Guetim, conforme apresentado, com maior destaque, na Figura 4.2. Tendo uma área de 6,15 km<sup>2</sup>, a zona 1 representa uma percentagem de cobertura de 29% do Município de Espinho, cuja área total é de 21,1 km<sup>2</sup>. Os nomes das vias abrangidas pela implementação da recolha seletiva PaP na zona piloto encontram-se discriminadas no Anexo II.

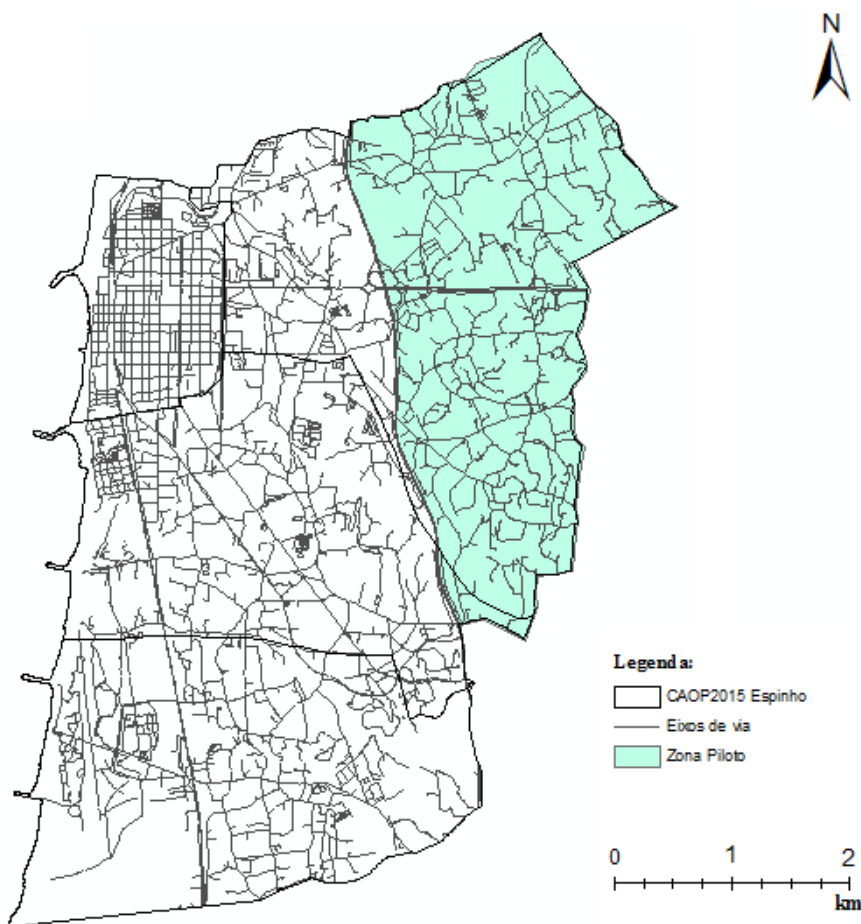


Figura 4.2 – Delimitação da Zona Piloto (Zona 1) (ArcGis).

### 4.2.1. População

Devido ao facto de não existirem dados da distribuição da população por grupo etário e do seu grau de habilitações específicos para a zona em estudo, considerar-se-á que os valores destes indicadores se aproximam dos das freguesias abrangidas pela zona, isto é, Anta e Guetim. Deste modo, sabe-se que a maioria da população possui idades compreendidas entre os 15 e os 64 anos e que, em termos de escolaridade, possuem o 1.º, 2.º ou 3.º ciclo.

Relativamente à população residente na zona 1 sabe-se que esta ultrapassa bastante os 1 500 habitantes previamente estipulados para o projeto o que garante a inclusão do número de fogos pretendido. Assim, tal como se constata pela Tabela 4.1, residem na zona de estudo 5 182 cidadãos, o que corresponde a uma densidade populacional de 843,2 hab/km<sup>2</sup>.

#### 4.2.2. Tipologia Habitacional

Tal como apresentado na Tabela 4.1, a zona é constituída, na sua maioria, por moradias, que possuem apenas um alojamento. Na Tabela 4.2 apresenta-se, especificamente a distribuição da população por tipo de edifício e o correspondente número de alojamentos de cada edifício, dados estes que foram cedidos pelo Gabinete de Planeamento Estratégico (SIG - Sistemas de Informação Geográfica) da CME. Os edifícios são subdivididos em 4 tipologias, segundo o INE, sabendo-se que: um edifício do tipo 1 corresponde a um edifício clássico, construído para possuir 1 ou 2 alojamentos familiares (isolado); um edifício do tipo 2 corresponde a um edifício clássico, construído para possuir 1 ou 2 alojamentos familiares (geminado); um edifício do tipo 3 corresponde a um edifício clássico, construído para possuir 1 ou 2 alojamentos familiares (em banda); e um edifício do tipo 4 corresponde a um edifício clássico, construído para possuir 3 ou mais alojamentos familiares (INE, 2016e).

**Tabela 4.2** – Distribuição dos alojamentos por tipo de edifício, número de edifícios e número de residentes da zona piloto (CME, 2016b).

N.º de Alojamentos	Tipo de edifício				N.º de edifícios	N.º de residentes
	1	2	3	4		
1	951	259	189	0	1 399	4 083
2	98	27	11	0	136	711
3	0	0	0	28	28	211
4	0	0	0	6	6	62
5	0	0	0	4	4	53
6	0	0	0	3	3	52
7	0	0	0	1	1	10
				<b>TOTAL</b>	<b>1 577</b>	<b>5 182</b>

Tendo por base a Tabela 4.2, sabe-se que a zona piloto contempla 1 577 edifícios. Contudo, este valor corresponde apenas aos edifícios que possuem residentes. Tendo em consideração que existem 328 edifícios do tipo 1 (com apenas um alojamento), sem residentes, por se tratarem de habitações sazonais ou desabitadas, o número total de edifícios na zona é de 1 905 (CME, 2016b).

Tendo em consideração os dados da Tabela 4.2 e tendo mais uma vez em consideração os alojamentos que não possuem residentes, sabe-se que na zona piloto

existe um total de 2 152 alojamentos. Tendo em conta o número total de residentes e o número de alojamentos com residentes, pode concluir-se que na zona 1, existem, em média, 2,8 habitantes por alojamento.

A constatação da predominância de edifícios com um ou dois alojamentos foi comprovada, via fotográfica, em estudos de campo, tal como se pode verificar pela Figura 4.3.



*Figura 4.3 – Tipologia de habitação predominante na zona piloto (20-04-2016).*

Foi também possível comprovar, visualmente, a existência dos poucos edifícios com 3 ou mais alojamentos, tal como se evidencia na Figura 4.4.



**Figura 4.4** – Outras tipologias de habitação: **A-** Edifício com 4 alojamentos; **B-** Edifício com 5 alojamentos; **C-** Edifício com 6 alojamentos; **D-** Edifício com 7 alojamentos; (18-05-2016).

Torna-se relevante mencionar que cerca de 98 % dos edifícios (com residentes) são exclusivamente residenciais, isto é 1 549 edifícios, ao passo que 27 edifícios são considerados preferencialmente residenciais (entre 50 a 99 % de ocupação residencial) e, apenas 1 edifício, é considerado principalmente não residencial (até 49 % de ocupação residencial) (CME, 2016b).

#### 4.2.3. Esquema Atual de Recolha de Resíduos

Atualmente, a zona piloto é dotada de equipamentos de deposição de resíduos que permitem a deposição de RU indiferenciados e das frações multimateriais dos RU por transporte voluntário (Figura 4.5), como já referido, apresentando-se na Tabela 4.3 os equipamentos de deposição existentes na zona piloto, bem como as respetivas capacidades.

**Tabela 4.3** – Equipamentos de deposição, seletiva e indiferenciada, existentes na zona piloto (CME, 2016a).

	Equipamento de deposição	Quantidade	Capacidade (L/contentor)
Recolha Seletiva	Ecopontos triplos	9	2500
	Contentores de superfície	153	800
Recolha indiferenciada	Contentores subterrâneos	1	3000
		3	5000





**Figura 4.5** – Soluções de contentorização existentes na zona piloto (20-04-2016).

Estando a zona em estudo inserida no Município de Espinho, a responsabilidade pela recolha e encaminhamento dos resíduos provenientes dos ecopontos é do próprio Município, sendo esta efetuada de acordo com as necessidades de recolha. Assim, a recolha de ecopontos é efetuada em regime diurno (6h - 13:30h), sendo o plástico/metall e o papel/cartão recolhido semanalmente e o vidro quinzenalmente (CME, 2016a). Através da Figura 4.6 é possível visualizar a localização, bem como o grau de acessibilidade do serviço de recolha seletiva (raio de influência de 200 m), dos 9 ecopontos existentes na zona piloto.



**Figura 4.6** – Localização e raio de influência (200m) dos ecopontos localizados na zona piloto (CME, 2016a).

A recolha seletiva é realizada com viaturas da marca Volvo, com grua e compactador (no caso do vidro a viatura não possui compactador), cuja capacidade é de 20 m<sup>3</sup> (Figura 4.7), sendo necessários como recursos humanos um motorista e um cantoneiro.



*Figura 4.7 – Viatura utilizada para recolha seletiva de ecopontos (18-05-2016).*

No que diz respeito à recolha dos RU indiferenciados, esta é da responsabilidade da SUMA - Serviços Urbanos e Meio Ambiente, S.A, tal como no restante Município, sendo a recolha efetuada 6 vezes por semana, igualmente em regime diurno mas com horário ligeiramente diferente da recolha multimaterial (8:30h-17h) (CME, 2016a). Neste tipo de recolha são utilizadas viaturas de 20 m<sup>3</sup>, de carga traseira, com compactador, cujo grau de compactação é de aproximadamente 1:3 (Figura 4.8).



*Figura 4.8 – Viaturas utilizadas para a recolha de Resíduos Urbanos indiferenciados (18-05-2016).*

### **4.3. Definição do Sistema a Implementar**

A definição do sistema a implementar pressupõe o cálculo da produção de resíduos para a zona piloto, a partir da capitação do Município de Espinho. Conhecendo a produção de resíduos para a zona em estudo é possível dimensionar os equipamentos de deposição a utilizar, bem como as frequências de recolha a adotar para os vários fluxos de resíduos. Com base nesses dados e tendo em linha de conta as características das vias existentes na zona e o tipo de viatura a utilizar, é ainda possível estimar as quantidades de resíduos recolhidos, bem como definir-se um circuito de recolha.

#### **4.3.1. Cálculo da Produção de Resíduos na Zona Piloto**

Os dados de produção de resíduos utilizados no dimensionamento do sistema a implementar de recolha seletiva PaP no Município de Espinho remetem para o ano 2015, tal como descrito na Tabela 3.4, apresentada na Secção 3.2. e nos dados constantes do portal de clientes da LIPOR para o Município de Espinho.

Dado que os dados mais recentes do INE relativamente à população do Município de Espinho datam de 2014, e necessitando dos dados para o ano 2015, efetuou-se uma pequena análise da sua evolução, seguindo duas vias: a população dada diretamente pelo INE entre 2011 e 2014 e as estimativas efetuadas a partir de taxas de crescimento efetivo (dadas de igual modo pelo INE, as quais se aplicaram à população residente no Município à data dos censos 2011, isto é 31 786 habitantes). Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4** – Análise da evolução da população do Município de Espinho.

	2011	2012	2013	2014
<b>População residente (INE)</b>	31 439	30 929	30 418	<b>30 056</b>
<b>Taxa de crescimento efetivo (INE)</b>	- 1,20	- 1,64	- 1,67	- 1,20
<b>População residente</b>	<b>31 786<sup>1</sup></b>	31 265	30 743	30 374
<b>Valor apresentado PAPERSU Espinho</b>	-	-	-	30 418

<sup>1</sup> Valor Censos, população entre 2012 e 2014 estimada a partir do valor de 2011 e a taxa de crescimento prevista pelo INE com base em estudos anteriores

A análise da Tabela 4.4 permite aferir que nenhum dos valores apresentados para a população coincide com o citado no PAPERSU do Município de Espinho, para o ano 2014 (30 418 habitantes). Assim, tendo em conta que os restantes valores resultam de estimativas, utilizou-se como valor de população, para o ano 2015, o indicado para o ano 2014 estimado previamente pelo INE, ou seja, 30 056 habitantes. Acresce, ainda, o facto de este ser o valor de população utilizado pela CME nos reportes que efetua à ERSAR e à APA relativos a 2015, favorecendo, deste modo, a coerência dos dados.

### Cálculo da Capitação Multimaterial para o Município

Para a obtenção da capitação dos munícipes de Espinho, relativamente à fração multimaterial em estudo, é necessário ter em consideração os resíduos provenientes dos ecopontos e ecocentros (atualmente representando a recolha seletiva) e o percentual dos componentes considerados valorizáveis presentes atualmente nos resíduos indiferenciados.

Neste contexto, na Tabela 4.5 apresentam-se as capitações dos diferentes fluxos, relativos aos resíduos provenientes dos ecopontos e ecocentros, pressupondo uma população de 30 056 habitantes e que um ano possui, em média, 365,25 dias.

**Tabela 4.5** – Capitação dos resíduos provenientes de ecopontos e ecocentros dos munícipes de Espinho.

Total 3 fluxos (t/ano)		t/ano	kg/hab/ano	kg/hab/dia
<b>871,77</b>	<b>Papel e cartão</b>	290,90	9,68	0,03
	<b>Plástico e metal</b>	187,19	6,23	0,02
	<b>Vidro</b>	393,68	13,10	0,04



Para a obtenção das capitações para as frações multimateriais presentes nos resíduos indiferenciados, e que se pretendem recuperar com a implementação do presente projeto, é necessário ter em atenção os percentuais dos componentes de cada tipo de resíduo. Neste contexto, com base na caracterização dos RU indiferenciados do Município, efetuada pela Lipor, sabe-se que os percentuais de valorizáveis multimateriais são os constantes na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6** – Percentagem das tipologias de recicláveis em estudo nos resíduos urbanos indiferenciados, conforme a caracterização efetuada para o Município (CME, 2015).

	% nos RU indiferenciados
<b>Papel</b>	6,91
<b>Cartão</b>	5,55
<b>Plásticos</b>	10,12
<b>Compósitos</b>	7,02
<b>Metais</b>	1,13
<b>Vidro</b>	4,76

A partir da quantidade total de RU indiferenciados gerados e dos percentuais apresentados na Tabela 4.6 torna-se possível construir a Tabela 4.7, que diz respeito à capitação dos fluxos multimateriais e resto (que não será alvo de recolha seletiva) dos munícipes de Espinho, considerando para tal a mesma população e número de dias de um ano, pressupostos anteriormente. Note-se que, apesar de no PAPERSU do Município se considerar, em termos de cálculo, como compósitos apenas ECAL (2,59%), no presente estudo considerou-se todos os materiais compósitos, isto é, 7,02% dos RU indiferenciados.

**Tabela 4.7** – Capitação das diferentes tipologias de resíduos presentes nos resíduos indiferenciados dos munícipes de Espinho.

Total indiferenciado (t/ano)		t/ano	kg/hab/ano	kg/hab/dia
<b>14 465,24</b>	<b>Papel e cartão</b>	1 802,37	59,97	0,16
	<b>Plástico e metal</b>	2 642,80	87,93	0,24
	<b>Vidro</b>	688,54	22,91	0,06
	<b>Resto</b>	9 331,53	310,47	0,85

Posto isto, a capitação dos três fluxos multimateriais para o Município de Espinho é obtida pela soma das capitações dos resíduos provenientes de ecopontos, ecocentros e dos valorizáveis presentes nos RU indiferenciados. Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 4.8.

**Tabela 4.8** – Capitação das tipologias de recicláveis em estudo e de indiferenciado (resto) para o Município de Espinho.

	kg/hab/ano	kg/hab/dia
<b>Papel e cartão</b>	69,64	0,19
<b>Plástico e metal</b>	94,16	0,26
<b>Vidro</b>	36,01	0,10
<b>Indiferenciado</b>	281,47	0,77

Tendo por base as capitações dos diferentes tipos de resíduos para o Município, e sabendo que a população da zona piloto é de 5 182 habitantes, facilmente se obtém a produção diária de resíduos para a zona em estudo. Sabendo, ainda, que a zona possui 2 152 alojamentos é possível obter o valor da produção de resíduos na zona piloto, por dia e alojamento (a cada alojamento estão associados, em média, 2,84 habitantes). Estes resultados apresentam-se esquematizados na Tabela 4.9.

**Tabela 4.9** – Produção de resíduos na zona piloto por dia e por alojamento.

	kg/dia	kg/dia/alojamento
<b>Papel e cartão</b>	988,10	0,46
<b>Plástico e metal</b>	1 335,86	0,62
<b>Vidro</b>	510,85	0,24
<b>Indiferenciado</b>	3 933,32	1,86

É de extrema relevância conhecer as quantidades a recolher em termos de volume, pelo que é necessário utilizar as massas volúmicas dos diferentes fluxos. Ora, a massa volúmica em contentor (onde os resíduos se encontram conforme são depositados), difere da massa volúmica em camião (que geralmente possui compactação e, também devido ao facto de os resíduos se compactarem a si próprios por gravidade, sendo que este último aspeto é crucial no caso do vidro (recolhido em viaturas sem compactação)). Na Tabela 4.10 encontram-se os valores das massas volúmicas para os diferentes fluxos, sendo que as correspondentes ao camião, ou seja, com compactação, foram diretamente fornecidas pela Lipor, como resultado de caracterizações por eles efetuadas (que sucedem o seu transporte até ao destino de caracterização). Por sua vez, os valores de massa volúmica em contentor, isto é, sem compactação, foram obtidos através de valores presentes na literatura e dos percentuais dos componentes de cada fluxo presentes nos RU indiferenciados, constando a explicação da sua obtenção no Anexo III.

**Tabela 4.10** – Massas volúmicas para os diferentes fluxos, com e sem compactação (kg/m<sup>3</sup>).

	Com compactação (kg/m <sup>3</sup> )	Sem compactação (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Papel e cartão</b>	157,95	173,36
<b>Plástico e metal</b>	66,59	51,26
<b>Vidro</b>	326,49	295,00
<b>Indiferenciado</b>	268,40	120,00

Verifica-se que o valor da literatura relativamente à massa volúmica sem compactação é ligeiramente superior ao com compactação (contrariamente ao esperado), possivelmente por disparidade entre os vários constituintes do tipo de resíduo nas diferentes fontes.

#### **4.3.2. Definição de Frequências de Recolha**

Tendo por base as frequências de recolha PaP praticadas no Município da Maia, pioneiro neste tipo de sistema de recolha nesta região, analisou-se a viabilidade de transposição destas para o Município de Espinho. Assim, sabendo que no Município da Maia os fluxos plástico/metall e papel/cartão são recolhidos uma vez por semana, os RU indiferenciados duas vezes por semana e o vidro uma vez por mês (Fernandes, 2014), assumiu-se, numa primeira fase, estas mesmas frequências para o sistema a implementar.

Para a validação destas frequências calculou-se a quantidade de resíduos produzidos, por edifício, em vários períodos temporais (meia semana, uma semana, duas semanas, três semanas e um mês), conforme se apresentará no ponto seguinte. Estes cálculos servirão para o dimensionamento do equipamento de deposição a fornecer a cada edifício bem como para validação das frequências de recolha.

#### **4.3.3. Dimensionamento dos Equipamentos de Deposição a Instalar**

Por forma a dimensionar os equipamentos de deposição a instalar em cada edifício, primeiramente calculou-se a produção de resíduos nestes, tendo em conta o número de alojamentos e os períodos temporais indicados anteriormente (considerando que uma semana corresponde a 7 dias).

Para o dimensionamento dos equipamentos considerou-se um potencial de recuperação de fração multimaterial presente nos RU de 80% (valor superior ao mencionado no PAPERSU do Município de Espinho - 30 a 35%), isto é, considerou-se que, em média, o grau de separação de resíduos será de 80%, embora seja lógico que haverá alojamentos/edifícios que possuirão um grau de separação inferior ou superior a este valor. Note-se que, para se obter o volume de resíduos em contentor, considerou-se a massa volúmica em contentor, isto é, sem compactação. Os resultados obtidos para os diferentes períodos de tempo, bem como a proposta de equipamento a instalar constam na

Tabela 4.II.

**Tabela 4.11** – Produção de resíduos por edifício, conforme o número de alojamentos, para diferentes períodos de tempo e proposta dos equipamentos a instalar. Realçado a cinza estão os períodos de recolha por tipo de resíduo.

N.º alojamentos/ edifício		Produção de Resíduos por Edifício (L)					Proposta de equipamento a instalar
		Meia semana	1 Semana	2 Semanas	3 Semanas	1 Mês	
1	Papel e cartão	7,42	14,83	<b>29,66</b>	44,50	59,33	Contentores 80 L
	Plástico e metal	33,91	<b>67,81</b>	135,63	203,44	271,25	
	Vidro	2,25	4,51	9,01	13,52	<b>18,03</b>	
	Indiferenciado	<b>61,81</b>	123,61	247,23	370,84	494,45	
2	Papel e cartão	14,83	29,66	<b>59,33</b>	88,99	118,65	Contentores 140 L
	Plástico e metal	67,81	<b>135,63</b>	271,25	406,88	542,51	
	Vidro	4,51	9,01	18,03	27,04	<b>36,05</b>	
	Indiferenciado	<b>123,61</b>	247,23	494,45	741,68	988,91	
3	Papel e cartão	22,25	44,50	<b>88,99</b>	133,49	177,98	Contentores 240 L
	Plástico e metal	101,72	<b>203,44</b>	406,88	610,32	813,76	
	Vidro	6,76	13,52	27,04	40,56	<b>54,08</b>	
	Indiferenciado	<b>185,42</b>	370,84	741,68	1112,52	1483,36	
4	Papel e cartão	29,66	59,33	<b>118,65</b>	177,98	237,31	Contentores 360 L
	Plástico e metal	135,63	<b>271,25</b>	542,51	813,76	1085,02	
	Vidro	9,01	18,03	36,05	54,08	<b>72,10</b>	
	Indiferenciado	<b>247,23</b>	494,45	988,91	1483,36	1977,82	
5	Papel e cartão	37,08	74,16	<b>148,32</b>	222,48	296,64	Contentores 360 L
	Plástico e metal	169,53	<b>339,07</b>	678,14	1017,20	1356,27	
	Vidro	11,27	22,53	45,06	67,59	<b>90,13</b>	
	Indiferenciado	<b>309,03</b>	618,07	1236,14	1854,20	2472,27	
6	Papel e cartão	44,50	88,99	<b>177,98</b>	266,97	355,96	Contentores 500 L
	Plástico e metal	203,44	<b>406,88</b>	813,76	1220,64	1627,52	
	Vidro	13,52	27,04	54,08	81,11	<b>108,15</b>	
	Indiferenciado	<b>370,84</b>	741,68	1483,36	2225,04	2966,72	
7	Papel e cartão	51,91	103,82	<b>207,65</b>	311,47	415,29	Contentores 500 L
	Plástico e metal	237,35	<b>474,69</b>	949,39	1424,08	1898,78	
	Vidro	15,77	31,54	63,09	94,63	<b>126,18</b>	
	Indiferenciado	<b>432,65</b>	865,29	1730,59	2595,88	3461,18	

Os resultados da Tabela 4.11 apresentam-se para todas as tipologias de resíduos, incluindo a fração não separada (indiferenciado). Contudo, a implementação do projeto prevê a recolha seletiva PaP, pelo que não serão considerados os equipamentos nem as frequências de recolha para implementação deste para a fração referida, sendo estes resultados apresentados juntamente com os restantes apenas como base de informação adicional, ressalvando-se que a seleção das capacidades dos equipamentos é independente dessa fração (quantitativos próximos dos resíduos de embalagens plásticas e metálicas).

Inevitavelmente a definição dos equipamentos a instalar teve em consideração a frequência de recolha que se pretende realizar. Tendo por base os resultados obtidos na Tabela 4.11, facilmente se verifica que as frequências de recolha estabelecidas para o Município da Maia se adequam ao Município de Espinho, excetuando-se o fluxo papel/cartão, que dadas as suas características se considera que pode ser recolhido quinzenalmente, em vez de semanalmente. As frequências de recolha encontram-se, deste modo, definidas, sendo estas efetuadas conforme a Tabela 4.12.

**Tabela 4.12** – Frequências de recolha para o sistema Porta a Porta a implementar.

	Frequência de Recolha
<b>Papel e cartão</b>	Quinzenal
<b>Plástico e metal</b>	Semanal
<b>Vidro</b>	Mensal
<b>Indiferenciado</b>	Bissemanal

Posto isto, a escolha dos equipamentos a utilizar foi efetuada tendo em atenção os fluxos com maior produção de resíduos (indiferenciado (resto) e plástico/metall/compósitos), por forma a garantir o cumprimento das necessidades de deposição e a credibilidade das frequências de recolha estabelecidas. Acresce ainda, o facto de se pretender que, para um mesmo edifício, os contentores para os diferentes fluxos possuam todos as mesmas dimensões, à luz do estabelecido pelos atuais sistemas usados como referência, e tendo em conta a articulação na descarga do referido contentor para a viatura de recolha. Note-se que cada edifício terá à disposição unicamente três contentores para a deposição de: papel e cartão; plástico/metall/compósitos e vidro, como referido anteriormente. Neste contexto, estabeleceu-se as soluções de contentorização presentes na Tabela 4.13.

Tendo cada edifício os seus contentores, estes devem ser colocados à sua porta, nos dias de recolha definidos para cada fluxo (a definir pelo Município posteriormente). Posteriormente, a equipa de recolha procederá à remoção dos resíduos, voltando, de seguida, a colocar o contentor à porta do edifício.

**Tabela 4.13** – Equipamentos de deposição a instalar por edifício, tendo por base o número de alojamentos e as quantidades de resíduos produzidos.

N.º alojamentos/ edifício	Equipamentos a instalar
1	3 Contentores de 80 L
2	3 Contentores 140 L
3	3 Contentores 240 L
4	3 Contentores 360 L
5	3 Contentores 360 L
6	3 Contentores 500 L
7	3 Contentores 500 L

**Nota:** É de realçar que no caso do edifício com sete alojamentos as quantidades produzidas se encontram próximo da capacidade dos contentores, pelo que se pode optar por uma capacidade superior, isto é, 800 L.

É importante realçar que a validação de frequências de recolha e capacidades de contentorização apenas é possível após implementação do projeto, sendo que através de processos de monitorização e otimização se avaliará/ajustará as frequências de recolha e os equipamentos de deposição.

Relativamente ao número de equipamentos necessários, sabendo o número de edifícios, facilmente se obtém o número de equipamentos (Tabela 4.14). Note-se, contudo, que neste caso considerar-se-á dois cenários: um em que se considera só os alojamentos com residentes (cenário 1) e outro em que se considera os alojamentos sem residentes (sabendo que cada um deles corresponde a um edifício com um alojamento - cenário 2). Esta análise reveste-se de pertinência tendo em conta as características já referidas em termos habitacionais.

**Tabela 4.14** – Total de contentores a instalar para os dois cenários apresentados.

N.º alojamentos/ edifício	Equipamentos a instalar/ edifício	Cenário 1		Cenário 2	
		N.º de edifícios	N.º Contentores a instalar	N.º de edifícios	N.º Contentores a instalar
1	3 Contentores de 80 L	1 399	4 197	1 727	5 181
2	3 Contentores de 140 L	136	408	136	408
3	3 Contentores de 240 L	28	84	28	84
4	3 Contentores de 360 L	6	18	6	18
5	3 Contentores de 360 L	4	12	4	12
6	3 Contentores de 500 L	3	9	3	9
7	3 Contentores de 500 L	1	3	1	3
<b>TOTAL</b>		<b>1 577</b>	<b>4 731</b>	<b>1 905</b>	<b>5 715</b>

**Nota:** Os 4 731 contentores correspondem a 1 577 conjuntos de 3 contentores, bem como os 5 715 correspondem a 1 905 conjuntos de 3 contentores.

De um modo geral, sabe-se que segundo o cenário 1 são necessários na totalidade 4 197 contentores de 80 L, 408 contentores de 140 L, 84 contentores de 240 L, 30 contentores de 360 L e 12 contentores de 500 L. No cenário 2 seriam necessários 5 181 contentores de 80 L, sendo que a quantidade de contentores das restantes capacidades são iguais às do cenário 1. Note-se que a diferença entre cenários é de cerca de 1 000 contentores e, uma vez que não se sabe os percentuais de habitações

correspondentes a habitações sazonais ou desocupadas, alguns desses equipamentos poderão servir de reserva para eventuais situações que exijam substituição.

#### 4.3.4. Estimativa das Quantidades Totais de Resíduos Recolhidos

Conforme descrito no Eixo de Ação II do PAPERSU do Município de Espinho, prevê-se a recuperação entre 30 a 35 % do potencial multimaterial contido nos RU. Este valor foi determinado tendo por base as taxas de recuperação do Município da Maia (pioneiro do sistema de recolha seletiva PaP entre os municípios que compõem o Sistema Lipor), que rondam os 40%.

Neste contexto, para estimar as quantidades totais recolhidas, utilizou-se um potencial de recuperação de 35%, e para o transporte a massa volúmica dos resíduos com compactação, isto é, em camião. Note-se que a quantidade de resíduos passíveis de reciclagem (quer ecopontos e ecocentros, quer indiferenciado) considera além do setor residencial o setor não residencial, que não é alvo de estudo neste projeto, logo a recuperação na realidade, será superior ao potencial; contudo, o PAPERSU do Município calcula este potencial considerando a quantidade total de resíduos, pelo que por uma questão de coerência fez-se a mesma consideração;

Importa referir que considerou-se, tal como na Secção 4.3.3., a existência de dois cenários onde o cenário 1 remete para a consideração da recolha dos resíduos produzidos apenas pelos edifícios com residentes, e o cenário 2 engloba os edifícios sem residentes (isto é, 328). Posto isto, e tendo em atenção as diferentes frequências de recolha, os resultados obtidos para a quantidade total de resíduos recolhidos para os dois cenários apresentam-se na Tabela 4.15, cuja consecução pressupõe o somatório das multiplicações da quantidade de resíduos recolhidos (L) pelo número de edifícios. A discriminação da quantidade de resíduos recolhidos pelo camião, por edifício, conforme o número de alojamentos que o constituem, apresenta-se no Anexo IV.

**Tabela 4.15** – Estimativa da quantidade total de resíduos recolhidos a quando da recolha, para os diferentes fluxos e cenários.

	Cenário 1		Cenário 2	
	Quantidade (L)	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Quantidade (L)	Quantidade (m <sup>3</sup> )
<b>Papel e cartão</b>	25 981,25	25,98	30 653,32	30,65
<b>Plástico e metal</b>	41 658,19	41,66	49 149,36	49,15
<b>Vidro</b>	12 996,68	13,00	15 333,80	15,33

**Nota:** A recolha de papel e cartão é efetuada quinzenalmente, do plástico e metal semanalmente e do vidro mensalmente.

#### 4.3.5. Viatura de Recolha

Uma vez que ainda está a decorrer o processo concursal para aquisição da viatura a utilizar no sistema de recolha seletiva PaP a implementar, apenas se sabe que o Município de Espinho efetuou o pedido de uma viatura com capacidade de 15 m<sup>3</sup>, com placa (compactação) e grua. A viatura a utilizar neste novo sistema de recolha difere da utilizada atualmente para a recolha de ecopontos, uma vez que estes últimos são recolhidos por grua e, com a implementação do sistema PaP, os equipamentos recolhidos tratam-se de contentores, passando a recolha a ser de carga traseira.

Segundo a VecoFábril, as viaturas de recolha com capacidade entre 8 e 25 m<sup>3</sup> caracterizam-se pela rapidez de operação na recolha, facilidade de utilização e manutenção e por possuírem uma imagem mais atrativa; referindo-se ainda que a estes veículos pode ser acoplada uma grua hidráulica para recolha de ecopontos e contentores enterrados (VECOFÁBRIL, 2016). A solicitação de uma viatura com placa e grua (Figura 4.9), por parte do Município torna-a, assim, um equipamento mais versátil, podendo ser utilizada para vários tipos de recolha.



**Figura 4.9** – Viatura de recolha seletiva, com placa e grua (CASCAIS, 2014).

Note-se que este tipo de viaturas é atualmente utilizado para recolha de RU indiferenciados no Município, ao encargo da empresa SUMA, onde a recolha traseira é utilizada para recolha de contentores de 800 L e a grua para recolha de *moloks* como previamente ilustrado na Figura 4.9.

#### 4.3.6. Definição de Circuitos de Recolha

Na gestão de RU, os SIG constituem uma ferramenta fundamental, pois permitem efetuar o levantamento, caracterização e georreferenciação de equipamentos de deposição, de rotas a efetuar pelas viaturas de recolha, possibilitando, ainda, a otimização de circuitos de recolha a implementar (ESRI, 2016).

A determinação de circuitos pressupõe a definição de um início e de um fim para o mesmo, sendo que o percurso efetuado deve percorrer todos os pontos de recolha pretendidos, na menor distância possível. A definição de circuitos de recolha pode ser efetuada recorrendo a métodos exatos, heurísticos e metaheurísticos (Silva, 2009).



Para o presente projeto, a determinação dos circuitos de recolha teve por base a utilização do algoritmo de *Floyd* e o de *Clarke and Wright* (modo sequencial). O algoritmo de *Floyd*, consiste numa metodologia exata, a qual permite a obtenção de uma matriz com o caminho mínimo entre dois vértices, obtendo-se a mínima distância entre estes (Christophides et al., 1979). Por sua vez, o algoritmo de *Clarke and Wright*, consiste num método heurístico bastante utilizado na otimização de rotas, cujo principal objetivo passa pela minimização da distância total percorrida, possuindo, ainda, a vantagem da possibilidade de inclusão de restrições, como por exemplo a capacidade do veículo de recolha ou a duração do percurso efetuado (Clarke & Wright, 1964).

Para o efeito, foram utilizadas diversas *shapefiles* (CAOP do Município; delimitação da zona em estudo; eixos de via existentes no município; e, números de porta existentes na zona 1) fornecidas pela DSBA da CME e retiradas dos SIG da mesma instituição (Gabinete de Planeamento Estratégico) assim como se georreferenciaram o local de partida do camião (DSBA) e de saída da cidade (rotunda de acesso à A29, em direção a Norte) e os ecopontos existentes na zona piloto.

Note-se que a definição dos circuitos com recurso aos algoritmos referidos anteriormente não constituiu um objetivo específico da presente dissertação, pelo que a sua execução resultou de uma colaboração com o Departamento de Engenharia Química, da FEUP, por uma equipa liderada pelo Professor Doutor Fernando Martins. O principal objetivo e trabalho no curso da presente dissertação foi realizar o levantamento de todos os dados georreferenciados necessários assim como realizar a correção destes no decurso da aplicação das ferramentas por forma a garantir uma resposta o mais fidedigna possível.

Destacam-se as seguintes alterações relativamente aos documentos originais para permitir a aplicação das ferramentas, no caso do sistema de recolha PaP:

- Dada a existência de alguns números de porta que se encontram isolados, isto é, que não possuem ligação a qualquer outro número de porta (facto justificado por possíveis falhas na classificação das vias existentes no Município), o algoritmo *Clarke* foi aplicado a 1 741 números de porta (em vez de 1766). Adicionalmente, de modo a tornar executável o algoritmo de *Clarke*, utilizou-se apenas um número de porta por rua, o que faz com que os pontos de recolha diminuam de 1 741 para 445;

- Foi utilizado o primeiro número de porta de um determinado eixo de via, como ponto de passagem, sendo que a quantidade de resíduos (embalagens plásticas e

metálicas neste caso) em cada ponto corresponde à soma das quantidades de todos os números de porta nesse eixo;

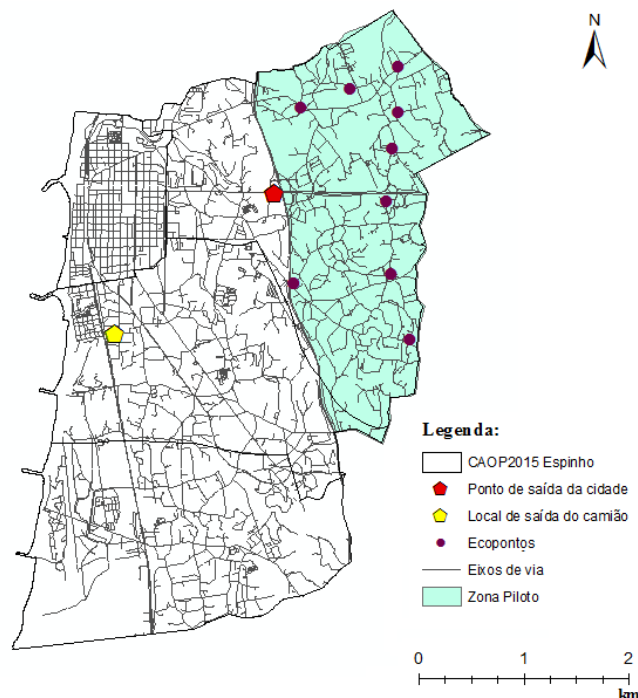
- No final, como se obtiveram 4 circuitos em que o quarto tinha um valor extremamente residual de resíduos a recolher, correspondente a 0,173 m<sup>3</sup>, aplicou-se um fator de correção para obrigar apenas à obtenção de 3 circuitos.

Uma vez que não se teve acesso à informação relativa ao circuito atualmente definido para o sistema de recolha seletiva por ecopontos existente na zona piloto, aplicaram-se os algoritmos para obtenção de um possível circuito “ótimo” para esta situação, para que posteriormente fosse possível compará-lo com o circuito definido para o sistema de recolha seletiva PaP a implementar.

O objetivo principal com a elaboração desta componente do trabalho foi obter as distâncias mínimas para o circuito por ecopontos e circuitos PaP para depois realizar a análise económica.

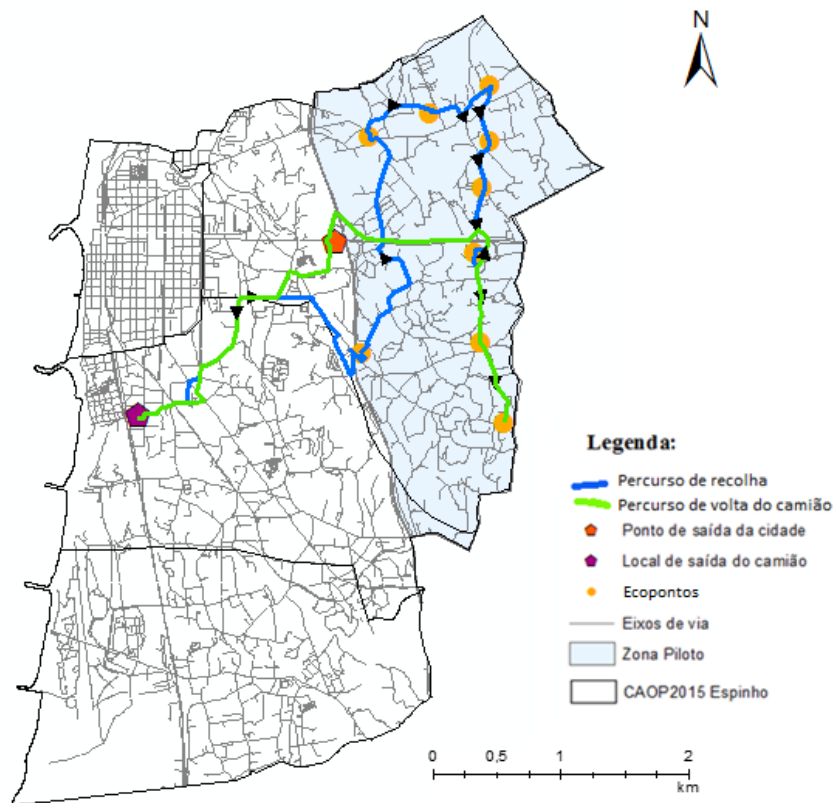
### Circuito para recolha de ecopontos na zona piloto

A Figura 4.10 apresenta a localização dos nove ecopontos existentes na zona piloto, o local de partida do camião e o local de saída do Município pelo qual a viatura tem de passar obrigatoriamente para se deslocar até à Lipor, para descarga dos resíduos recolhidos.



**Figura 4.10** – Localização do ponto de saída do camião, ecopontos na zona piloto e local de saída do Município (ArcGis).

Tendo por base a informação apresentada na Figura 4.10, e com recurso aos algoritmos referidos, foi possível obter a Figura 4.11, na qual se encontra representado o circuito de recolha dos 9 ecopontos existentes. Após sair da DSBA a viatura inicia o percurso de recolha (a azul no mapa) dos diversos ecopontos, sendo que após o último ecoponto a viatura desloca-se até à Lipor e regressa passando na saída e na chegada pelo ponto de saída da cidade e deslocando-se por fim às instalações da DSBA. Considera-se o percurso até à Lipor uma distância constante de 33,8 km em cada sentido (Anexo V). O percurso desde a recolha do último ecoponto até à saída da cidade e deste até ao ponto de chegada está realçado a verde no mapa. Note-se que o trajeto até à Lipor não se encontra referenciado, pois para além de se considerar uma distância constante, extrapola a delimitação do Município de Espinho.

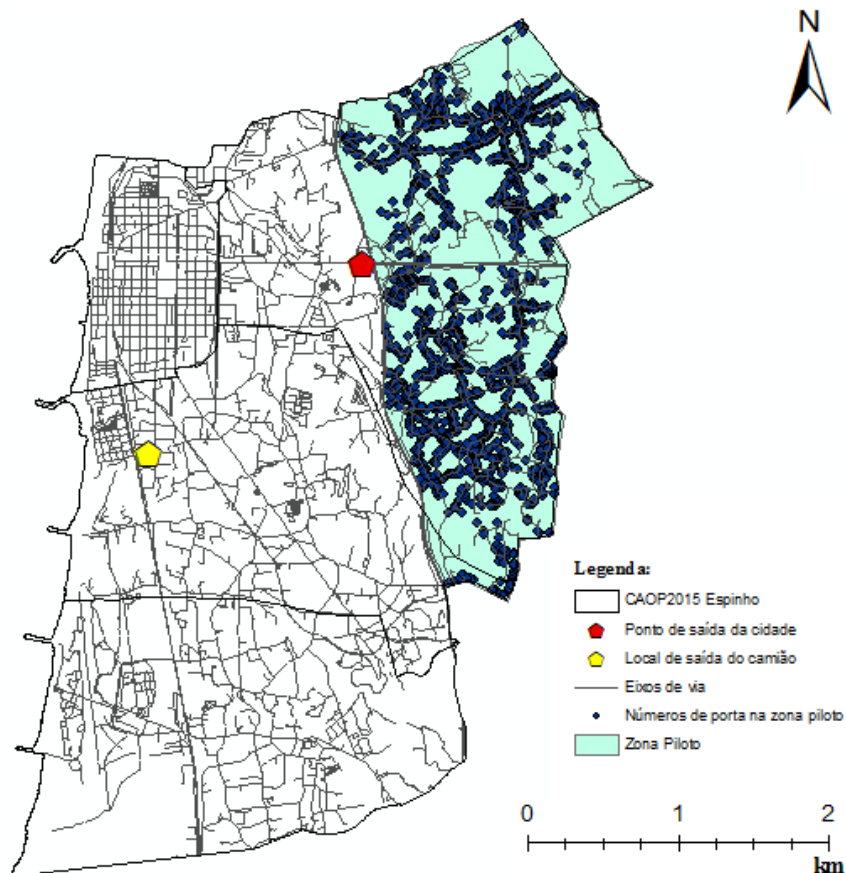


**Figura 4.11** – Circuito estabelecido para recolha de ecopontos, na zona piloto (ArcGis).

Com o recurso aos algoritmos supra referidos foi possível estimar a distância percorrida para a realização do circuito, que é a distância mínima, uma vez que os algoritmos estabelecem o circuito com base nesse critério. Assim, sabe-se que um circuito de recolha de ecopontos acarreta uma distância de 17,12 km, à qual acresce 67,6 km para descarga dos resíduos na Lipor e regresso (ida e volta deste o ponto de saída da cidade). Na totalidade o circuito possuirá, assim, 84,72 km, desde a saída do camião das instalações da DSBA até ao seu regresso a estas.

### Circuito para implementação da recolha seletiva Porta a Porta

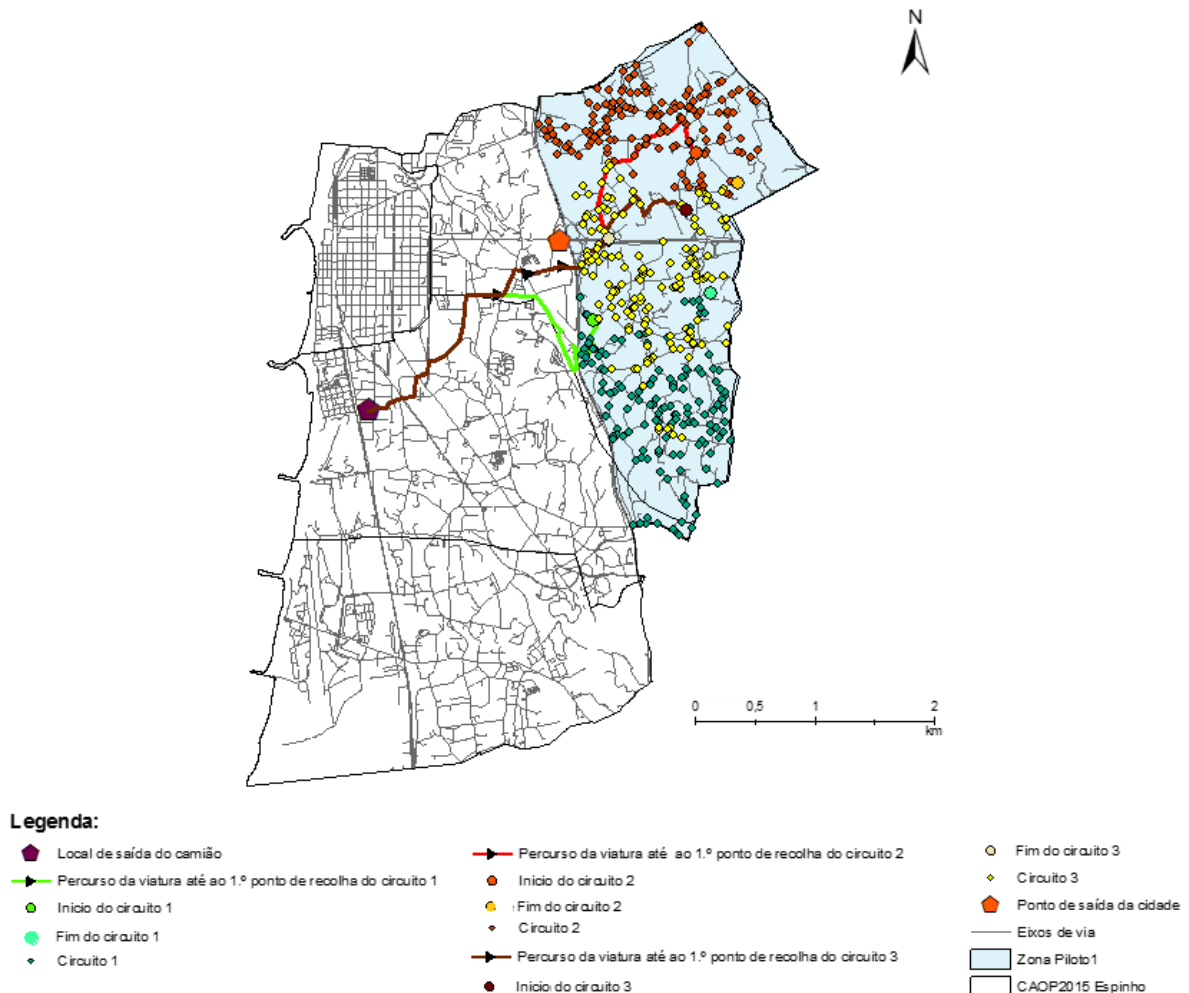
Para a definição do circuito de recolha seletiva PaP a implementar é fundamental conhecer o número e localização dos edifícios existentes na zona piloto, uma vez que estes correspondem aos pontos de recolha, sendo que este foi elaborado tendo em consideração a totalidade das habitações (incluindo as que não possuem residentes). Assim, as análises que se seguem centrar-se-ão apenas no cenário 2. A utilização do algoritmo teve em conta as considerações referidas no Subcapítulo 4.3.6. Os locais de saída do camião e da cidade são os mesmos utilizados na recolha dos ecopontos. A informação de base para o estabelecimento dos circuitos apresenta-se na Figura 4.12.



**Figura 4.12** – Localização do ponto de saída do camião, números de porta na zona piloto, e local de saída do Município (ArcGis).

Considerando a informação apresentada na Figura 4.12, e com recurso, novamente, aos algoritmos de *Floyd* e de *Clarke and Wright*, foi possível obter a Figura 4.13, na qual se encontra representado os pontos recolhidos em cada circuito de recolha PaP assim como o trajeto até ao primeiro ponto de recolha de cada circuito, para a fração de embalagens plásticas e metálicas. Note-se que apenas se aplicaram os algoritmos para este fluxo, uma vez que se considerou o mais representativo (maiores quantidades de

resíduos produzidas e consequentemente recolhidas), sendo de ressaltar que para o caso do papel/cartão e do vidro, apesar de a distância percorrida ser a mesma (mesmo número de pontos de recolha), o número de circuitos diferirá, conforme as quantidades recolhidas.



**Figura 4.13** – Circuitos estimados para recolha Porta a Porta de resíduos de plástico/metal, na zona piloto (ArcGis).

Após a saída da DSBA a viatura inicia o percurso de recolha PaP, percorrendo todos os pontos assinalados na Figura 4.13, destacando-se que para a concretização da totalidade da recolha de resíduos produzidos é necessário recorrer a 3 circuitos (Anexo VI), no final de cada um dos quais a viatura se desloca à Lipor para descarga destes e depois regressa às instalações da DSBA.

Em termos de distâncias percorridas, em cada uma das rotas, estas foram retiradas a partir dos algoritmos utilizados, apresentando-se na Tabela 4.16, salientando-se o facto que cada ida à Lipor acresce 67,6 km de percurso (ida e volta) como já referido, sendo que no caso apresentado a viatura irá 3 vezes à Lipor.

**Tabela 4.16** – Distância percorrida em cada circuito e obtenção da distância total para a recolha da fração embalagens plásticas e metálicas.

CIRCUITOS	Distância percorrida (km)	
	1	30,4
	2	31,5
	3	31,7
	<b>TOTAL</b>	<b>93,6</b>
<b>Distância Total Espinho-Lipor (km)</b>		<b>3 x 67,6 = 202,8</b>
<b>Distância Total 3 Circuitos (km)</b>		<b>296,4</b>

Sabendo que a capacidade do veículo de recolha é de 15 m<sup>3</sup> e as quantidades a recolher, apresentadas na Tabela 4.15, depreende-se que para recolher o fluxo papel/cartão serão necessários 2 circuitos e para o caso do vidro apenas um. É ainda possível validar, efetuando o mesmo raciocínio, a necessidade de efetuar 3 circuitos para a recolha PaP da fração plástico e metal.

Ao diferir o número de circuitos a realizar, o número de descargas na Lipor também difere, afetando a distância total percorrida Espinho-Lipor, pelo que as distâncias totais estimadas, para recolha da totalidade dos resíduos produzidos, para as restantes frações serão as apresentadas na Tabela 4.17.

**Tabela 4.17** – Distâncias totais percorridas para cada fluxo, conforme o número de circuitos, e obtenção da distância total dos circuitos.

	Distância percorrida (km)	N.º de Circuitos	Distância Total Espinho-Lipor (km)	Distância Total Circuitos (km)
<b>Papel e cartão</b>	93,6	2	135,2	<b>228,8</b>
<b>Plástico e metal</b>	93,6	3	202,8	<b>296,4</b>
<b>Vidro</b>	93,6	1	67,6	<b>161,2</b>

### Estimativa dos tempos de circuito

Considera-se como tempo total de um circuito, o tempo que decorre desde que a viatura de recolha abandona o local de origem até ao momento em que regressa a este, após concluir o circuito de recolha. Note-se, assim, que o tempo total requerido para recolha de uma dada fração de resíduos engloba o tempo que a viatura demora a percorrer a distância dos diferentes circuitos necessários para recolha, acrescida dos tempos de paragem em cada ponto de recolha.

Tchobanoglous & Kreith (2002), descrevem valores do tempo requerido para recolher o contentor cheio e colocá-lo no local de origem e de tempo despendido no local de recolha, para diferentes tipos de viaturas e sistemas de carga, conforme apresentado na Tabela 4.18.

A partir da Tabela 4.18, admite-se que a recolha de ecopontos necessita de cerca de 7,2 min/contentor, ao passo que para a concretização dos sistemas PaP, a referida tabela

aponta para sistemas de carga manuais (que corresponde a contentores recolhidos por veículos de carga traseira, conforme o que se verificará no sistema a implementar), correspondendo-lhes um tempo de recolha de 6 minutos por contentor. Contudo, este valor encontra-se bastante dependente da capacidade deste, sendo que se depreende que para o caso em estudo tal valor será desajustado da realidade.

**Tabela 4.18** – Indicadores temporais de circuitos de recolha de resíduos urbanos (adaptado de (Tchobanoglous & Kreith, 2002)).

Tipo de Veículos	Sistema de carga	Taxa de compactação	Tempo requerido para recolher o contentor cheio e colocá-lo no local de origem (min)	Tempo despendido para esvaziar o contentor (min/contentor)	Tempo despendido no local de recolha (min)
<b>Contentores Móveis</b>					
Grua	Mecânico	-	4,0	-	3,2
Rebocável	Mecânico	-	24,0	-	7,6
Rebocável	Mecânico	2,0 - 4,0 <sup>1</sup>	24,0	-	8,0
<b>Contentores Estacionários</b>					
Compactador	Mecânico	2,0 - 2,5	-	3,0	6,0
Compactador	Manual	2,0 - 2,5	-	-	6,0
Sem compactador	Mecânico	-	-	-	6,0 <sup>2</sup>
Sem compactador	Manual	-	-	-	6,0 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Contentores com compactadores fixos;

<sup>2</sup> O tempo despendido depende das dimensões do contentor.

O tempo que a viatura demora a percorrer uma determinada distância depende da velocidade a que esta se desloca. Assim, considerando como velocidades da viatura (km/h) para sistemas de recolha seletiva PaP, as descritas por Gomes (2009), as velocidades da viatura para recolha de ecopontos cerca do dobro destas (Tabela 4.19), e tendo em atenção a distância percorrida facilmente se obtém o tempo de cada percurso de recolha.

**Tabela 4.19** – Velocidades da viatura para sistemas de recolha Porta a Porta (Gomes, 2009), e estimativa do tempo necessário para um percurso de recolha.

Sistema de Recolha	Fluxo	Distância/ percurso recolha (km)	Velocidade viatura (km/h)	Tempo percurso recolha (h)
<b>PaP<sup>1</sup></b>	Papel e cartão	93,6	13,5	<b>6,93</b>
	Plástico e metal	93,6	13,1	<b>7,14</b>
	Vidro	93,6	13,2	<b>7,09</b>
<b>Ecopontos</b>	Papel e cartão	17,1	27	<b>0,63</b>
	Plástico e metal	17,1	26,2	<b>0,65</b>
	Vidro	17,1	26,4	<b>0,65</b>

<sup>1</sup> Valores descritos por Gomes (2009).

Os tempos apresentados apenas correspondem ao trajeto de recolha, sendo que para descarga na Lipor, a viatura consegue assumir uma velocidade mais elevada, que poderá rondar cerca de 70 km/h (limite de velocidade em autoestrada para veículos pesados de mercadorias sem reboque é de 90 km/h). Neste contexto, um percurso de ida e volta à Lipor, cuja distância é de 67,6 km, demora cerca de 1 h.



O tempo total de recolha das diferentes frações de resíduos apresenta-se na Tabela 4.20, sendo dado pela soma dos tempos de percurso, tempos de paragem e tempo de ida/volta à Lipor. É fundamental ressaltar, que os tempos obtidos, para o sistema de recolha PaP, pressupõe a recolha de 35 % do potencial de recicláveis, na totalidade das habitações, de cada vez que se efetuam os circuitos. Contudo, de acordo com a experiência do Município Maia sabe-se que a frequência com que os munícipes colocam os contentores à porta varia (de acordo com os seus hábitos de consumo assim como da quantidade que cada habitação recupera) pelo que aquando da recolha é normal que o número de pontos de paragem seja significativamente inferior. Assim, para o presente projeto, assume-se a paragem em 50% dos pontos de recolha quando se efetua o circuito, isto é 950 (facto que afeta o tempo total de paragem de forma significativa), estipulando-se um tempo de paragem de 1 minuto por ponto, o que corresponde a parar em cada rua cerca de 10 minutos, considerando a existência de 144 ruas (esperando-se que seja possível a recolha da quantidade de resíduos correspondente ao 35 % do potencial). Sabe-se, que os percentuais de produção de resíduos variam entre habitações, assim como o grau de separação, pelo que considerar 100 % dos pontos de recolha seria à partida muito desajustado da realidade para uma fase de arranque do projeto, até porque os contentores foram projetados para residências que separem 80% (que enchem o contentor na periodicidade definida para a recolha de cada fluxo), pelo que se todas as habitações o fizessem a quantidade recolhida seria muito superior ao estipulado (considerou-se que a recolha resultaria na obtenção de um potencial de 35%). Esta será a base para implementação realizando-se futuramente ajustes de acordo com os resultados obtidos.

**Tabela 4.20** – Tempo requerido para a concretização dos circuitos de recolha de ecopontos ou Porta a Porta, consoante a fração multimaterial recolhida.

Sistema de Recolha	Fluxo	Tempo percurso recolha (h)	Tempo de paragem <sup>1</sup> (h)	Tempo ida/volta Lipor (h)	Tempo total requerido para recolha (h)
<b>PaP</b>	<b>Papel e cartão</b>	6,93	15,8	2	<b>24,73</b>
	<b>Plástico e metal</b>	7,14	15,8	3	<b>25,94</b>
	<b>Vidro</b>	7,09	15,8	1	<b>23,89</b>
<b>Ecopontos</b>	<b>Papel e cartão</b>	0,63	1,1	1	<b>2,73</b>
	<b>Plástico e metal</b>	0,65	1,1	1	<b>2,75</b>
	<b>Vidro</b>	0,65	1,1	1	<b>2,75</b>

<sup>1</sup> Considerando 950 pontos de recolha, e que em cada um, a viatura para 1 min.

De acordo com os tempos requeridos para os circuitos de recolha PaP obtidos, pelos motivos anteriormente descritos, afere-se que para recolher todos os resíduos, tendo em conta que um dia de trabalho corresponde a 7 h, ter-se-á de recorrer a mais do



que um turno de trabalho diário ou executar os circuitos ou parte destes em dias distintos.

#### 4.4. Impactos Económicos do Sistema a Implementar

No presente subcapítulo será efetuada uma análise económica do sistema de recolha seletiva atualmente implementado na zona piloto (recolha por ecopontos), e do sistema PaP a implementar, em termos de equipamentos de deposição, viaturas a utilizar, circuitos e recursos humanos.

##### 4.4.1. Custos do Sistema de Recolha Atual

Por forma a analisar os custos dos equipamentos de deposição existentes na zona piloto, efetuou-se um pedido de orçamento a três empresas da área, constando estes no Anexo VII. Em termos de custo unitário dos equipamentos utilizou-se, assim, a média dos valores fornecidos por estas entidades (para um mesmo tipo de equipamento). Sabendo a quantidade e tipologia dos equipamentos de deposição atualmente existentes na zona piloto (Tabela 4.3), facilmente se obtém o custo total referente a estes, tal como se apresenta na Tabela 4.21.

**Tabela 4.21** – Custos totais dos equipamentos de deposição instalados atualmente na zona piloto.

Equipamento de deposição	N.º de equipamentos	Custo unitário (€)	Custo total por tipo de equipamento (€)
<b>Contentor 800 L</b>	153	188	26 688
<b>Molok 3000 L</b>	1	1950	1 950
<b>Molok 5000 L</b>	3	2300	6 900
<b>Ecopontos triplos</b>	9	1350	12 150
<b>TOTAL</b>			<b>49 688</b>

**Nota:** Os custos apresentados não incluem IVA à taxa legal em vigor, transporte, e trabalhos de instalação.

Relativamente aos recursos humanos afetos atualmente à recolha (um motorista e um cantoneiro), os custos associados variam entre o cargo de motorista e de cantoneiro, e ainda conforme o tempo afeto à recolha de resíduos, conforme apresentado na Tabela 4.22.

**Tabela 4.22** – Custos horários dos recursos humanos afetos à recolha (CME, 2016a).

Operadores	Custo mensal (€)	Custo/dia <sup>1</sup> (€)	Custo/ hora <sup>2</sup> (€)
<b>Motorista</b>	700	31,82	4,55
<b>Cantoneiro</b>	600	27,27	3,90

<sup>1</sup> Um mês corresponde a 22 dias de trabalho;

<sup>2</sup> Um dia de trabalho corresponde a 7 h.

Sabendo os custos dos recursos humanos, e o tempo envolvido em cada circuito, facilmente se obtém os encargos em termos de recursos humanos por circuito (Tabela 4.23).

**Tabela 4.23 – Custos dos recursos humanos por circuito.**

Fluxo	Tempo requerido por circuito (h)	Custo por circuito Motorista (€)	Custo por circuito Cantoneiro (€)	Custo total operadores /circuito (€)
Papel e cartão	2,73	12,42	10,65	<b>23,07</b>
Plástico e metal	2,75	12,51	10,72	<b>23,23</b>
Vidro	2,75	12,51	10,72	<b>23,23</b>

Para transpor os valores obtidos na Tabela 4.23 para uma base anual, é necessário ter em atenção as frequências de recolha de cada um dos fluxos (apresentadas na Secção 4.2.3), por forma a obter o número de circuitos/ano e assim os custos afetos aos recursos humanos também por ano. Estes resultados apresentam-se na Tabela 4.24.

**Tabela 4.24 – Custos afetos aos recursos humanos, por ano, para recolha de ecopontos.**

Fluxo	Custo total operadores /circuito (€)	Frequência de recolha	N.º de circuitos /ano <sup>1</sup>	Custo operadores/ano (€)
Papel e cartão	23,07	Semanal	52	<b>1 199,64</b>
Plástico e metal	23,23	Semanal	52	<b>1 207,96</b>
Vidro	23,23	Quinzenal	26	<b>603,98</b>

<sup>1</sup> Considera-se que um ano tem 52 semanas

O custo aproximado para viaturas de recolha com capacidade de 20 m<sup>3</sup>, é de cerca de 140 mil euros, estimando-se que, anualmente, estas exigem um custo de manutenção de cerca de 5 000 € (CME, 2016a).

Posto isto, no que toca aos custos associados à execução do circuito de recolha, estes dependem da distância percorrida pela viatura, do consumo e respetivo custo de combustível (gasóleo). Assim, segundo informações fornecidas pela DSBA as viaturas consomem cerca de 50 L/100km, sendo que o valor médio de aquisição de combustível, no ano 2015, foi de 1,11 €/L (CME, 2016a). Tendo por base os valores das distâncias percorridas, apresentadas anteriormente, é possível aferir os custos de combustível por ano, conforme de apresenta na Tabela 4.25.

**Tabela 4.25 – Custos associados ao consumo de combustível, em função da distância percorrida.**

Fluxo	Distância percorrida (km)	Combustível gasto (L)	Custo combustível /circuito (€)	N.º de circuitos /ano	Custo combustível /ano (€)
Papel e cartão	84,72	42,36	47,0	52	<b>2 444</b>
Plástico e			47,0	52	<b>2 444</b>
Vidro			47,0	26	<b>1 222</b>

O custo total do sistema atual de recolha implementado na zona piloto é dado pelo somatório dos custos parcelares supra mencionados, apresentando-se estes sintetizados na Tabela 4.26.

**Tabela 4.26** – Síntese de custos do sistema de recolha de resíduos atualmente implementado na zona piloto.

Custos Fixos/Investimento	Equipamentos de deposição	Custo associado (€)
	Aquisição da viatura	49 688
Custos Variáveis <sup>1</sup>	Recursos humanos	140 000
	Manutenção da viatura	3 011,58
	Consumo de combustível	5 000
		6 110

<sup>1</sup> Custos apresentados relativos a um ano, tendo em conta horas de trabalho e frequências de recolha.

#### 4.4.2. Custos do Sistema de Recolha Porta a Porta a Implementar

A análise dos custos dos equipamentos de deposição a instalar na zona piloto foi efetuada, neste caso, com base nos orçamentos fornecidos por duas empresas da área, constantes no Anexo VII. O custo unitário dos equipamentos foi obtido pela média dos valores fornecidos pelas entidades da área (para um mesmo tipo de equipamento). Deste modo, sabendo a quantidade e tipologia dos equipamentos de deposição a instalar na zona piloto (Tabela 4.14), facilmente se obtém o custo total referente aos mesmos, tal como se apresenta na Tabela 4.27. Note-se que serão avaliados os custos de equipamentos tendo em atenção dois cenários: o cenário 1 em que se considera só os alojamentos com residentes, e o cenário 2 em que são, também, considerados os alojamentos sem residentes, por se considerar que pode ser uma questão de relevância em termos de investimento.

**Tabela 4.27** – Custos dos equipamentos de deposição a instalar no sistema de recolha Porta a Porta.

Capacidade do contentor (L)	Custo unitário médio (€)	Cenário 1		Cenário 2	
		N.º de contentores	Custo por tipo de equipamento (€)	N.º de contentores	Custo por tipo de equipamento (€)
80	33,5	4 197	140 599,5	5 181	173 563,5
140	38,5	408	15 708	408	15 708
240	46,5	84	3 906	84	3 906
360	70,0	18	1 260	18	1 260
500	97,1	12	1 165,2	12	1 165,2
<b>Resultados Totais</b>		<b>4 731</b>	<b>162 638,7</b>	<b>5 715</b>	<b>195 602,7</b>

**Notas:** 1 - Os custos apresentados não incluem IVA à taxa legal em vigor, transporte, e trabalhos de instalação;

2 - O custo unitário dos contentores de 500 L, uma vez que não foi fornecido por nenhuma das empresas contactadas, foi estimado através de uma regressão polinomial, tendo por base o custo dos contentores de outras capacidades (ANEXO VIII).

Relativamente aos recursos humanos afetos à recolha (necessidade de um motorista e dois cantoneiros), os custos associados variam, tal como anteriormente, entre o cargo de motorista e de cantoneiro (Tabela 4.22), sendo possível obter, com base nos tempos dos circuitos necessários e nos custos de cada recurso humano, o custo total dos operadores afetos à recolha de resíduos, conforme apresentado na Tabela 4.28.

**Tabela 4.28 – Custos dos recursos humanos afetos à recolha seletiva Porta a Porta.**

Fluxo	Tempo requerido para recolha (h)	Custo Motorista (€)	Custo Cantoneiros (€)	Custo total operadores (€)
Papel e cartão	24,73	112,52	192,89	<b>305,41</b>
Plástico e metal	25,94	118,03	202,64	<b>320,67</b>
Vidro	23,89	108,70	186,34	<b>295,04</b>

**Nota:** O custo dos cantoneiros tem atenção a necessidade de 2 operadores deste tipo, ao invés de 1 considerado na recolha de ecopontos.

Por forma a obter os valores da Tabela 4.28, para uma base anual, segue-se o mesmo raciocínio anteriormente efetuado, tendo em conta o número de recolhas/ano e os custos afetos aos recursos humanos, também por ano. Estes resultados apresentam-se na Tabela 4.29.

**Tabela 4.29 – Custos afetos aos recursos humanos, por ano, para recolha Porta a Porta.**

Fluxo	Custo total operadores (€)	Frequência de recolha	N.º de recolhas /ano <sup>1</sup>	Custo operadores/ano (€)
Papel e cartão	305,41	Quinzenal	26	<b>7 940,66</b>
Plástico e metal	320,67	Semanal	52	<b>16 674,84</b>
Vidro	295,04	Mensal	12	<b>3 540,48</b>

<sup>1</sup> Considera-se que um ano, tem 52 semanas; Uma recolha pode equivaler a vários circuitos, dependendo da fração em análise.

O custo aproximado para viaturas de recolha com capacidade de 15 m<sup>3</sup> (a usar na recolha PaP), é de cerca de 125 mil euros, estimando-se que, anualmente, estas exigem um custo de manutenção de cerca de 5 000 € (CME, 2016a).

No que diz respeito aos custos associados à implementação do circuito de recolha, estes dependem, tal como referido na Secção 4.5.1., da distância percorrida pela viatura, do consumo e respetivo custo de combustível (gasóleo). Assim, assumindo o mesmo consumo se combustível (50 L/100km) e o mesmo valor médio de aquisição deste (1,11 €/L) e tendo por base os valores das distâncias percorridas, apresentadas anteriormente, afere-se os custos do circuito, conforme de apresenta na Tabela 4.30.

**Tabela 4.30 – Custos associados ao consumo de combustível, em função da distância percorrida, para o sistema de recolha Porta a Porta.**

Fluxo	Distância percorrida/ recolha (km)	Combustível gasto (L)	Custo combustível /recolha (€)	N.º de circuitos /ano	Custo combustível /ano (€)
Papel e cartão	228,8	114,4	127,0	26	<b>3 301,6</b>
Plástico e metal	296,4	148,2	328,6	52	<b>17 087,2</b>
Vidro	161,2	80,6	89,5	13	<b>1 163,5</b>

O custo total do sistema de recolha seletiva PaP a implementar na zona piloto é dado pelo somatório dos custos parcelares supra mencionados, apresentando-se estes sintetizados na Tabela 4.31. Note-se mais uma vez que esta análise é efetuada para o cenário 2, pois foi com base neste que os circuitos foram definidos.

**Tabela 4.31** – Síntese de custos do sistema de recolha Porta a Porta a implementar na zona piloto.

		Custo associado (€)
<b>Custos Fixos/Investimento</b>	<b>Equipamentos de deposição</b>	195 602,7
	<b>Aquisição da viatura</b>	125 000
<b>Custos Variáveis <sup>1</sup></b>	<b>Recursos humanos</b>	28 155,98
	<b>Manutenção da viatura</b>	5 000
	<b>Consumo de combustível</b>	21 552,3

<sup>1</sup> Custos apresentados relativos a um ano, tendo em conta horas de trabalho e frequências de recolha.

#### 4.4.3. Análise dos Benefícios do Sistema Porta a Porta

É de fácil perceção que um sistema de recolha seletiva PaP acarreta custos de investimento superiores, sobretudo devido aos custos de aquisição de equipamentos de deposição. Sabe-se que em termos de investimento, além dos contentores é necessária a aquisição da viatura, pelo que, na totalidade, o sistema a implementar teria um investimento total de 320 602,7 €, ao passo que o sistema atualmente existente acarreta um investimento de 63 688 €. É fundamental, contudo, ter em atenção que se está perante a passagem de 9 ecopontos para 1 905 conjuntos de 3 contentores, o que inevitavelmente exponencia o investimento em equipamentos.

Tendo por base a capitação de produção de resíduos na zona piloto com o sistema de ecopontos, facilmente se depreende, considerando 5 182 habitantes, que num ano se produzem 88,5 t das várias frações multimateriais, e cerca de 2 494 t de resíduos indiferenciados. Com o sistema PaP a implementar, conseguir-se-á obter, considerando um potencial de recuperação de 35 %, 356 t/ano de frações multimateriais e 2 124 t/ano da fração indiferenciada (resto). Assim, tendo por base a informação constante na Tabela 4.32 é possível obter os custos por tonelada afetos à recolha seletiva para ambos os sistemas.

**Tabela 4.32** – Comparação de custos entre o sistema atual e o sistema a implementar.

		Sistema Atual	Recolha PaP
<b>Recolha Seletiva</b>	<b>Custos afetos à recolha seletiva (€/ano)</b>	14 121,58	54 708,28
	<b>Quantidade de resíduos recolhida (t/ano)</b>	88,5	356
	<b>Custos de recolha por tonelada (€/t)</b>	<b>159,56</b>	<b>153,67</b>
<b>Recolha indiferenciada e Tratamento</b>	<b>Custo de recolha e transporte (€/t) <sup>1</sup></b>	27	27
	<b>Custo de tratamento (€/t) <sup>2</sup></b>	55,22	55,22
	<b>Custos totais recolha, transporte e tratamento (€/t)</b>	88,22	88,22
	<b>Quantidade de resíduos recolhida (t/ano)</b>	2 494	2 124
	<b>Custos afetos à recolha indiferenciada e tratamento (€/ano)</b>	<b>205 056,68</b>	<b>174 635,28</b>
<b>Recolha e Tratamento</b>	<b>Total (€/ano)</b>	<b>219 177,74</b>	<b>229 341,80</b>

<sup>1</sup> Custo de recolha e transporte aplicado ao Município pela SUMA (CME, 2016a);

<sup>2</sup> Resulta da soma do custo por tonelada de tratamento dos resíduos (38,94 €/t) e de financiamento por parte do Município à Lipor (16,22 €/t) (CME, 2016a);

Analisando a Tabela 4.32, depreende-se que o sistema de recolha PaP para além de ser mais oneroso em termos de investimentos, também o é em termos de operação. No entanto, o sistema PaP permitindo a recolha de uma maior quantidade de resíduos permite uma diminuição de cerca de 4 % nos custos unitários, tendo em conta a quantidade recolhida.

No que toca à recolha indiferenciada, uma vez que esta é concessionada, o custo de recolha permanece constante, sendo que o de tratamento também, em virtude dos custos de tratamento associados ao sistema da Lipor. Contudo, ao diminuir-se a quantidade de indiferenciados produzida, os custos inerentes a esta fração diminuem, conseguindo-se, com a implementação da recolha seletiva PaP, uma diminuição de cerca de 15 %, (30 421,4 €/ano) nos custos afetos à recolha indiferenciada e tratamento dos respetivos resíduos.

Importa ressaltar o facto de se considerar apenas a recuperação de 35 % do potencial de valorizáveis contidos nos RU, sendo que caso se consiga otimizar o sistema e obter percentuais de recuperação superiores, os benefícios económicos serão de igual modo superiores, mantendo os mesmos pontos de paragem Naturalmente que ao aumentar o número de pontos de paragem por circuito aumentarão também os tempos de paragem, afetando os custos associados aos recursos humanos. Na globalidade aumentando a recuperação dos recicláveis ter-se-á sempre uma redução dos custos associados à sua recolha, mas fundamentalmente, e com mais importância em termos económicos, os custos com o seu tratamento, que afetam significativamente os custos globais da recolha e tratamento de resíduos. Analisando os custos totais de recolha e tratamento para o sistema atual e para o sistema a implementar, verifica-se que com a implementação do sistema de recolha seletiva PaP estes aumentam em cerca de 5 %, facto espetável em virtude dos mais elevados custos de operação, fundamentalmente em recursos humanos e combustível.

Uma análise geral ao sistema a implementar, mostra que este é mais oneroso em termos de investimento, devendo-se tal facto ao elevado número de pontos de recolha face ao sistema atualmente aplicado. A implementação do sistema resulta em maiores custos com a recolha seletiva, contudo, em virtude das quantidades a recolher, consegue-se uma redução dos custos unitários da recolha seletiva assim como uma redução dos custos de recolha e tratamento da fração indiferenciada.

Realça-se que o sistema a implementar exige maiores tempos de recolha e, em consequência, um maior esforço em recursos humanos. Assim, depreende-se que haverá necessidade de ou realocar recursos humanos atualmente afetos a outros serviços, para a concretização do sistema a implementar, ou contratar novos recursos humanos.

Globalmente, o projeto do sistema indica viabilidade de implementação, se existir suporte para a concretização dos investimentos necessários. Adicionalmente, a otimização contínua do sistema e o aumento das quantidades de recicláveis a recolher levará a uma tendência decrescente do custo unitário da recolha seletiva assim como uma redução significativa dos custos com a recolha e tratamento da fração indiferenciada que trarão benefícios para a gestão municipal e também para os munícipes.





## **Capítulo 5**

### **Conclusões**

A presente dissertação teve como objetivo a criação de um projeto com vista à implementação de um sistema de recolha seletiva porta a porta, numa das zonas analisadas que constituem o Município de Espinho.

De entre as 3 zonas estudadas, a zona piloto selecionada localiza-se nas Freguesias de Anta e Guetim e representa 29 % da área do Município (6,15 km<sup>2</sup>). Esta zona possui 1 905 edifícios, apresentando 2 152 alojamentos, nos quais residem 5 182 habitantes, tendo sido também identificadas 328 habitações sazonais ou desabitadas. Na zona piloto predominam edifícios constituídos por um ou dois alojamentos, sendo que o número médio de habitantes por alojamento é de 2,8.

Estima-se que nesta zona, por dia e por alojamento, são produzidos, cerca de 0,46 kg de papel e cartão, 0,62 kg de plástico e metal, 0,24 kg de vidro e 1,86 kg dos restantes componentes, tendo por base os resíduos atualmente recolhidos em ecopontos, ecocentros e provenientes da recolha indiferenciada.

O Plano de Ação do PERSU 2020 (PAPERSU) do Município prevê um potencial de recuperação de valorizáveis presentes nos resíduos urbanos de 35 %, contudo os equipamentos de deposição a instalar tiveram como pressuposto a deposição de 80 % da fração multimaterial (considerando famílias que fazem corretamente a separação). Cada edifício terá à sua disposição 3 contentores, aferindo-se a necessidade de instalação de 5 715 contentores para a recolha da fração multimaterial (1 905 conjuntos de 3). Tendo em conta que as capacidades dos contentores variam conforme o número de alojamentos por edifício, prevê-se que serão necessários 5 181 contentores de 80 L, 408 de 140 L, 84 de 240 L, 30 de 360 L e 12 de 500L. Neste contexto, e tendo em conta a quantidade de resíduos produzidos na zona, as frequências de recolha ditam a recolha semanal de plástico e metal, quinzenal de papel e cartão, e mensal de vidro.

Com recurso aos algoritmos de *Floyd* e *Clarke and Wright* prevê-se a necessidade de execução de 3 circuitos para a recolha de plástico e metal, cuja produção semanal é de 49,15 m<sup>3</sup>, 2 circuitos para papel e cartão, cuja produção quinzenal é de 30,65 m<sup>3</sup>, e 1 circuito para o vidro, cuja produção mensal ronda os 15, 33 m<sup>3</sup>. Note-se que com o sistema atual um circuito possui a capacidade de recolher os 9 ecopontos existentes, percorrendo 17,12 km (distância mínima), ao passo que o sistema porta a porta a implementar pressupõe o percurso de 93,6 km (distância mínima), valores estes que não incluem o percurso de descarga na Lipor (67,6 km - ida e volta).

Com a implementação do presente projeto prevê-se um aumento da recolha seletiva de cerca de 85 t/ano para 356 t/ano, conseguindo-se uma redução de cerca de 4 % nos custos unitários de recolha, ao passo que a quantidade da fração indiferenciada se reduz de 2 494 para 2 124 t/ano, sendo os custos unitários de recolha e tratamento constantes em virtude da concessão afeta à SUMA, mas reduzindo-se globalmente em cerca de 15%, (30 421,4 €/ano) com a implementação do sistema, em virtude da redução das quantidades produzidas.

A análise de custos foi efetuada tendo em conta custos fixos/investimento e custos variáveis (recursos humanos, manutenção da viatura e consumo de combustível). Os custos totais de recolha e tratamento diferem apenas em cerca de 5 % face ao sistema atualmente aplicado (recolha por ecopontos), sendo de ressaltar, contudo, a exigência de um elevado custo de investimento (não contabilizado no valor referido), sobretudo devido à aquisição de equipamentos de deposição (passagem de 49 688 € no sistema atual, para 195 602,7 € no sistema a implementar). Note-se, ainda, que o sistema a implementar exige maiores tempos de recolha e recursos humanos, acarretando a necessidade de ou realocar recursos humanos atualmente afetos a outros serviços ou contratar novos recursos humanos para a concretização do sistema.

Denota-se, ainda, a necessidade, por parte do Município, de efetuar um esforço constante ao nível das campanhas de sensibilização, destacando para tal equipas de trabalho permanentes junto dos munícipes.

## **Capítulo 6**

### **Propostas de Trabalhos Futuros**

Para garantir o sucesso da implementação do sistema de recolha seletiva PaP no Município de Espinho, seria importante que se realizassem alguns trabalhos/projetos complementares à presente dissertação, recomendando-se os seguintes:

- Estudo pormenorizado, no local, da zona piloto em termos de número de alojamentos e residentes, tendo em conta que os dados mais fidedignos atuais referem-se aos Censos 2011 e estimativas do INE;
- Apostar na sensibilização e esclarecimento de dúvidas da população abrangida pelo sistema a implementar, dando-lhes a conhecer este novo sistema de recolha, bem como apostar na formação das equipas de recolha;
- Monitorizar o novo sistema, por forma a identificar casos de sub ou sobredimensionamento de equipamentos, e ainda para otimizar os circuitos de recolha;
- Otimizar o sistema a implementar, com o objetivo de aumentar as quantidades recolhidas seletivamente e diminuir a fração indiferenciada, que trará garantidamente vantagens em termos económicos para o sistema e para os munícipes que dele auferem;
- Consciencializar os munícipes que os serviços de gestão de RU prestados pela autarquia não podem ser gratuitos, mostrando também que o aumento da quantidade de resíduos encaminhados para reciclagem pode, futuramente, influenciar positivamente as tarifas aplicadas;
- Estudar a viabilidade de alargar o sistema de recolha PaP aos biorresíduos;
- Avaliar a extensão do sistema de recolha seletiva PaP a outras zonas do Município de Espinho, ou até mesmo, a todo o Município;
- Realizar estudos económicos detalhados e a longo prazo relativamente às soluções estudadas, incluindo as componentes de manutenção dos equipamentos e o seu tempo de vida assim como a alocação de recursos humanos de apoio ao sistema, custos gerais, etc., bem como alterações de custos de tratamento ou soluções complementares de gestão em articulação com outros sistemas.



## Referências Bibliográficas

- AMA. (2015). Portal do Cidadão. *Câmara Municipal de Espinho*. Agência para a Modernização Administrativa, I.P. Acedido a 25 fev. 2016. Disponível em <https://www.portaldocidadao.pt/pt/web/camara-municipal-de-espinho/camara-municipal-de-espinho>.
- APA. (2008). *Dossier de Prevenção (redução) de Resíduos*.
- APA. (2012). *Gestão de Resíduos Urbanos - Situação Atual*.
- APA. (2015). *Resíduos Urbanos: Relatório Anual 2014*. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.
- APA. (2016). Ambiente Portugal: Ambição para o Futuro. *Gestão de Resíduos Urbanos*. Acedido a 28 fev. 2016. Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933>.
- APA. (2016a). Ambiente Portugal: Ambição para o Futuro. *Sistemas de Gestão e Infraestruturas*. Acedido a 29 fev. 2016. Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=934>.
- CASCAIS. (2014). *Recolha de Resíduos Urbanos*. Acedido a 14 jun. 2016. Disponível em <http://www.cm-cascais.pt/recolha-de-residuos-urbanos>.
- CCE. (2005). *Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: Avançar para uma utilização sustentável dos recursos - Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos*. Bruxelas: Comissão das Comunidades Europeias.
- Christophides, Mingozzi, Toth, & Sandi. (1979). *The Traveling Salesman Problem, in Combinatorial Optimization*. New York: John Wiley and Sons.
- Clarke, & Wright. (1964). *Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points*. Operation Research. Vol. 12. N.º4
- CME. (2013). *Planta do Concelho de Espinho. Escala 1:20 000*. Câmara Municipal de Espinho: Planeamento Estratégico (S.I.G.).
- CME. (2014). *Regulamento de Resíduos Sólidos do Município de Espinho*. Câmara Municipal de Espinho.
- CME. (2015). *PAPERSU do Município de Espinho*. Espinho: Câmara Municipal de Espinho.

- CME. (2016a). *Dados fornecidos pela Câmara Municipal de Espinho: Divisão de Serviços Básicos e Ambiente*. Câmara Municipal de Espinho.
- CME. (2016b). *Dados fornecidos pela Câmara Municipal de Espinho: Secção de Planeamento Estratégico (SIG)*. Câmara Municipal de Espinho.
- CME. (2016c). Edital N.º 2/2016. *Remoção e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos*. Acedido a 16 mar. 2016. Disponível em [http://portal.cm-espinho.pt/fotos/editor2/informacao\\_financeira/tar\\_rsu\\_2016\\_1.pdf](http://portal.cm-espinho.pt/fotos/editor2/informacao_financeira/tar_rsu_2016_1.pdf).
- Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho. *Diário da República: I Série*, N.º 116 (2011). Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Decreto-Lei n.º 239/97 de 9 de Setembro. *Diário da República: I Série-A*, N.º 208 (1997). Ministério do Ambiente.
- Despacho n.º 388/2015 de 14 de janeiro. *Diário da República: II Série*, N.º 9 (2015). Câmara e Assembleia Municipal de Espinho.
- Directiva 2008/98/CE de 19 de Novembro. *Jornal Oficial da União Europeia: L 312*, (2008). Parlamento Europeu e do Conselho.
- ERSAR. (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2.ª geração do sistema de avaliação*. Lisboa: ERSAR; LNEC. ISBN: 978-989-8360-11-3.
- ERSAR. (2015). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal*. Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos. ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. ISBN: 978-989-8360-28-1.
- ESRI. (2016). ESRI Portugal. ESRI: *O que são os SIG?*. Acedido a 23 jun. 2016. Disponível em <http://www.esriportugal.pt/O-que-sao-os-SIG->.
- Eurostat. (2015). Environment in the EU: Each person in the EU generated 481 kg of municipal waste in 2013. Acedido a 29 fev. 2016. Disponível em <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-press-releases/-/8-26032015-AP>.
- Eurostat. (2016). Eurostat - Your key to European statistics. *Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method*. Acedido a 29 fev. 2016. Disponível em <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdpc240>.
- Fernandes, L. (2014). *Ecoponto em casa*. Maiambiente.
- Gomes, C. M. B. (2009). *Análise de indicadores de produtividade de circuitos de recolha selectiva de RSU com diferentes características operacionais* (Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Disponível em [https://run.unl.pt/bitstream/10362/2650/1/Gomes\\_2009.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/2650/1/Gomes_2009.pdf).

- INE. (2015). *Estatísticas do Ambiente 2014*. Lisboa - Portugal: Instituto Nacional de Estatística, I.P. ISBN: 978-989-25-0301-1.
- INE. (2016a). Instituto Nacional de Estatística: Statistics Portugal. *Densidade populacional (N.º/ km<sup>2</sup>) por Local de residência (à data dos Censos 2011) e Sexo; População residente (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011), Sexo, Grupo etário e Nacionalidade (País)*; . 16 fev. 2013. Acedido a 10 mar. 2016. Disponível em [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados).
- INE. (2016b). Instituto Nacional de Estatística: Statistics Portugal. *População residente (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011), Sexo e Grupo etário; População residente (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011), Sexo e Nível de escolaridade mais elevado completo; Dimensão média das famílias clássicas (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011)*; . 14 jan. 2013. Acedido a 10 mar. 2016. Disponível em [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados).
- INE. (2016c). Instituto Nacional de Estatística: Statistics Portugal. *Edifícios (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011) e Tipo de utilização; Alojamentos familiares (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011) e Forma de ocupação; Alojamentos familiares clássicos (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011), Forma de ocupação, Tipo de utilização e Escalão de dimensão de alojamentos; Densidade de alojamentos (N.º/ km<sup>2</sup>) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011)*; . 14 jan. 2013. Acedido a 10 mar. 2016. Disponível em [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados).
- INE. (2016d). Instituto Nacional de Estatística: Statistics Portugal. *Alojamentos familiares (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011) e Forma de ocupação; Alojamentos familiares clássicos (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011), Forma de ocupação, Tipo de utilização e Escalão de dimensão de alojamentos*. 16 fev. 2013. Acedido a 10 mar. 2016. Disponível em [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados).
- INE. (2016e). Instituto Nacional de Estatística: Statistics Portugal. *Sistema de Metainformação (Família: Construção e habitação; Classificação: Tipos de edifício; Versão V03679 - Tipos de edifício (FNA))*. Acedido a 21 mar. 2016. Disponível em <http://smi.ine.pt/>.
- Lavita, M. T. (2008). *Circuitos de Recolha Selectiva Multi-material Porta-a-Porta*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Lipor. (2014). *Jornadas de Promoção da Recolha Seletiva: Relatório Visita Técnica a Barcelona*. Lipor.
- Lipor. (2014a). *Follow-up Jornadas de Promoção de Recolha Seletiva: Deslocação a Itália - Relatório da Visita*. Lipor.
- Lipor. (2015a). Observatório Resíduos Lipor. *Metas Plano Estratégico*. Acedido a 21 jun. 2016. Disponível em <http://portal.lipor.pt:7777/pls/apex/f?p=2020:70:0>.

- Lipor. (2015b). *Plano Estratégico da Lipor 2015-2020*. Lipor.
- Lipor. (2015a). *Relatório de Análise Estatística: Dados de Receção e Valorização de Materiais*. Lipor.
- Lipor. (2016). Lipor: com o ambiente no coração. *O Governo da Organização*. Acedido a 25 fev. 2016. Disponível em <http://www.lipor.pt/pt/a-lipor/quem-somos/o-governo-da-organizacao/>.
- Lipor. (2016a). Portal Clientes Lipor. Acedido a 23 fev. 2016. Disponível em <http://portal.lipor.pt/pls/apex/f?p=151:101:12546671281497>.
- Lopes, A. (2009). Naturlink - a ligação à natureza. LIPOR: *TERRA À TERRA – Projecto de Compostagem Caseira*. Acedido a 1 mar. 2016. Disponível em <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=6&cid=9910&bl=1&viewall=true>.
- Ludwig, C., Hellweg, S., & Stucki, S. (2003). *Municipal Solid Waste Management: Strategies and Technologies for Sustainable Solutions*. New York: Springer. ISBN: 978-3-642-62898-6.
- Maiambiente. (2014). *Relatório e Contas 2014*. Maia: Maiambiente.
- OVO. (2013). Contentores 4 rodas MGB 500 Litros. OVO Solutions. Produto ESE: Environmental Systems Expertise. Disponível em <http://www.ovosolutions.com/files/b098040f56be9be039854281ad93401fad888746.pdf>
- Pereira, J. (2009). Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objectivo comum. *Economia Global e Gestão*, 14 (1). Acedido a 24 fev. 2016. Disponível em [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0873-74442009000100008](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0873-74442009000100008).
- Piedade, M., & Aguiar, P. (2010). *Série Guias Técnicos: Opções de Gestão de Resíduos Urbanos*. Lisboa: ERSAR. ISBN: 978-989-8360-01-1.
- Pires, J. S. (2013). *Implementação do princípio do poluidor-pagador no setor dos resíduos*. ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- PORDATA. (2016). Base de Dados Portugal Contemporâneo. *Produção de resíduos: total, da actividade económica e dos agregados domésticos - Europa*. Acedido a 29 fev. 2016. Disponível em <http://www.pordata.pt/Europa/Produ%C3%A7%C3%A3o+de+res%C3%ADduos+total++da+actividade+econ%C3%B3mica+e+dos+agregados+dom%C3%A9sticos-1382-220809>.
- Portaria n.º 187-A/2014 de 17 de setembro (PERSU 2020) *Diário da República : I Série*, N.º 179 (2014). Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015 , de 16 de março. *Diário da República: I Série, 2.º Suplemento*, N.º 52 (2015). Presidência do Conselho de Ministros.



- Russo, M. (2003). *Tratamento de Resíduos Sólidos*. Universidade de Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologias.
- Silva, A. (2009). *Optimização da recolha de resíduos urbanos*. Universidade de Aveiro.
- SOPINAL. (2011a). CONTENTOR POLIETILENO MGB 80 Lts. SOPINAL: Nature First. Disponível em <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-2-rodas.html>
- SOPINAL. (2011b). CONTENTOR POLIETILENO MGB 120 Lts Pro. SOPINAL: Nature First. Disponível em <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-2-rodas.html>
- SOPINAL. (2011c). CONTENTOR POLIETILENO MGB 140 Lts Pro. SOPINAL: Nature First. Disponível em <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-2-rodas.html>
- SOPINAL. (2011d). CONTENTOR POLIETILENO MGB 240 Lts Pro. SOPINAL: Nature First. Disponível em <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-2-rodas.html>
- SOPINAL. (2011e). CONTENTOR POLIETILENO MGB 360 Lts. SOPINAL: Nature First. Disponível em <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-2-rodas.html>
- SOPINAL. (2013). CONTENTOR POLIETILENO MGB 800 Lts. SOPINAL: Nature First. Disponível em <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-4-rodas-tampa-plana.html>
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. Second Edition. U.S.A.: The McGraw-Hill Companies. ISBN: 0-07-150034-0.
- Teerioja, N., Moliis, K., Kuvaja, E., Ollikainen, M., Punkkinen, H., & Merta, E. (2012). Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance. *Waste Management*, 32 (10), 1782-1791. Acedido a 3 mar. 2016. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22721607>.
- UE. (2014a). *Good Practice Lisbon: Door-to-Door Selective Collection*.
- UE. (2014b). Waste 2 Go: D 2.2 Waste Profiling. FhG-IBP (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.) Disponível em [http://www.waste2go.eu/download/1/D2.2\\_Waste%20profiling.pdf](http://www.waste2go.eu/download/1/D2.2_Waste%20profiling.pdf)
- UNEP. (2005). *Solid Waste Management*. U.S.A.: CalRecovery. ISBN: 92-807-2676-5.
- VECOFABRIL. (2016). VECOFABRIL: A experiência ao serviço do ambiente. *Viaturas de Compactação por placa de 8 a 25 m<sup>3</sup>*. Acedido a 14 jun. 2016. Disponível em [http://www.vecofabril.pt/prod\\_viatura\\_compactacao\\_placa\\_8\\_25.htm](http://www.vecofabril.pt/prod_viatura_compactacao_placa_8_25.htm).
- Visvanathan, C., Norbu, T., Stegmann, R., Körner, I., Allgaier, G., Ritzkowski, M., . . . Tränkler, J. (2006). *Teaching and Training Modules for Higher Education in the Waste Management Sector*. Germany: TUHH, Hamburg University of Technology, Institute of Waste Resource Management.
- Williams, P. (2005). *Waste Treatment and Disposal*. Second Edition. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0-470-84912-6.
- Worrel, W., & Vesilind, A. (2012). *Solid Waste Engineering*. Second Edition. United States: Global Engineering: Christopher M. Shortt. ISBN: 978-1-4390-6215-9.



## **ANEXOS**



## Anexo I - Contentores Móveis para Recolha Seletiva Porta a Porta

Atendendo a que a opção de utilização de contentores móveis como equipamento de deposição é a preferencial no que toca a sistemas de recolha seletiva porta a porta, apresenta-se seguidamente na Tabela I.1 um resumo das principais tipologias de contentores utilizados bem como das respetivas capacidades e características.

**Tabela I.1 – Exemplos de contentores para recolha seletiva Porta a Porta.**






Recolha seletiva porta a porta				
Capacidade	Marca	Principais Características		Referência Bibliográfica
80 L	SOPINAL		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Polietileno de alta densidade;</li> <li>- 2 rodas;</li> <li>- Peso: 8,5 kg;</li> <li>- Carga máxima: 50 kg;</li> <li>- Altura total: 865 mm;</li> <li>- Largura: 440 mm;</li> <li>- Resistência à corrosão: Total;</li> <li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li> <li>- Sistema de elevação: Compatível com todos os sistemas;</li> </ul>	(SOPINAL, 2011a)
120 L			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Polietileno de alta densidade;</li> <li>- 2 rodas;</li> <li>- Peso: 9 kg;</li> <li>- Carga máxima: 60 kg;</li> <li>- Altura total: 945 mm;</li> <li>- Largura: 480 mm;</li> <li>- Resistência à corrosão: Total;</li> <li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li> <li>- Sistema de elevação: Compatível com todos os sistemas;</li> </ul>	(SOPINAL, 2011b)
140 L			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Polietileno de alta densidade;</li> <li>- 2 rodas;</li> <li>- Peso: 9,3 kg;</li> <li>- Carga máxima: 70 kg;</li> <li>- Altura total: 1060 mm;</li> <li>- Largura: 480 mm;</li> <li>- Resistência à corrosão: Total;</li> <li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li> <li>- Sistema de elevação: Compatível com todos os sistemas;</li> </ul>	(SOPINAL, 2011c)

Tabela I.1 – Exemplos de contentores para recolha seletiva Porta a Porta (Continuação).

Recolha seletiva porta a porta				
Capacidade	Marca	Principais Características		Referência Bibliográfica
240 L	SOPINAL		<ul style="list-style-type: none"><li>- Material: Polietileno de alta densidade;</li><li>- 2 rodas;</li><li>- Peso: 12 kg;</li><li>- Carga máxima: 110 kg;</li><li>- Altura total: 1060 mm;</li><li>- Largura: 577 mm;</li><li>- Resistência à corrosão: Total;</li><li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li><li>- Sistema de elevação: Compatível com todos os sistemas;</li></ul>	(SOPINAL, 2011d)
360 L			<ul style="list-style-type: none"><li>- Material: Polietileno de alta densidade;</li><li>- 2 rodas;</li><li>- Peso: 18,6 kg;</li><li>- Carga máxima: 160 kg;</li><li>- Altura total: 1080 mm;</li><li>- Largura: 580 mm;</li><li>- Resistência à corrosão: Total;</li><li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li><li>- Sistema de elevação: Compatível com todos os sistemas;</li></ul>	(SOPINAL, 2011e)
500 L	OVO Solutions		<p>Material: Polietileno de alta densidade;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 4 rodas;</li><li>- Peso: 38 kg;</li><li>- Carga máxima: 240 kg;</li><li>- Altura total: 1135 mm;</li><li>- Largura: 1360 mm;</li><li>- Resistência a raios Ultravioleta ;</li><li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li><li>- Sistema de elevação: Oschner; Elevação por pega frontal;</li></ul>	(OVO, 2013)
800 L	SOPINAL		<ul style="list-style-type: none"><li>- Material: Polietileno de alta densidade;</li><li>- 4 rodas;</li><li>- Peso: 44 kg;</li><li>- Carga máxima: 370 kg;</li><li>- Altura total: 1335 mm;</li><li>- Largura: 1360 mm;</li><li>- Resistência à corrosão: Total;</li><li>- Tampa: Hermética; Fixa ao corpo por dois pinos;</li><li>- Sistema de elevação: Compatível com todos os sistemas (DIN/Oschner/Frontal);</li></ul>	(SOPINAL, 2013)

**Nota:** Os equipamentos acima apresentados encontram-se disponíveis nas seguintes cores:



## Anexo II - Vias abrangidas pela implementação do sistema de recolha porta a porta na zona 1

Por forma a dar conhecimento acerca das vias abrangidas pela implementação do sistema de recolha PaP na zona piloto do projeto, especifica-se, na Tabela II.1, os seus nomes, freguesia e respetivo código postal.

*Tabela II.1 – Vias abrangidas pelo projeto de recolha seletiva Porta a Porta.*

Designação da via	Freguesia *	Código Postal
Rua da Idanha	Anta	4500-046 Espinho
Rua do Fojo	Anta	4500-465 Espinho
Rua Souto de Baixo	Anta	4500-097 Espinho
Largo de São Vicente	Anta	4500-576 Espinho
Travessa Rio da Pedra	Anta	4500-043 Espinho
Rua da Cavadinha	Anta	4500-043 Espinho
Travessa da Lagarta	Anta	4500-480 Espinho
Rua Coteiro de Cima	Anta	4500-041 Espinho
Rua do Coteiro	Anta	4500-039 Espinho
Travessa Carvalhal de Baixo	Anta	4500-441 Espinho
Travessa da Portela	Anta	4500-115 Espinho
Rua Cassufas	Anta	4500-034 Espinho
Rua da Lomba	Anta	4500-070 Espinho
Rua Nova do Coteiro	Anta	4500-552 Espinho
Rua da Pedra da Fonte	Anta	4500-553 Espinho
Travessa da Fonte	Anta	4500-040 Espinho
Travessa da Cavadinha	Anta	4500-442 Espinho
Rua da Lagarta	Anta	4500-051 Espinho
Rua Pelourinho	Anta	4500-086 Espinho
Rua São Mamede	Anta	4500-094 Espinho
Rua Guião	Anta	4500-066 Espinho
Travessa Pelourinho	Anta	4500-114 Espinho
Rua do Souto	Anta	4500-096 Espinho
Rua da Voltinha	Anta	4500-099 Espinho
Rua do Cruzeiro	Anta	4500-042 Espinho
Travessa da Cavada Velha	Anta	4500-104 Espinho
Rua da Aldeia Nova	Anta	4500-026 Espinho
Rua da Cavada Velha	Anta	4500-035 Espinho
Rua da Fonte da Bela	Anta	4500-837 Espinho
Travessa do Peso	Anta	4500-837 Espinho
Rua de Esmojães	Anta	4500-063 Espinho
Rua do Montado	Anta	4500-077 Espinho
Rua do Carvalhal	Anta	4500-033 Espinho
Travessa da Murta	Anta	4500-112 Espinho
Rua do Requeijo	Anta	4500-565 Espinho
Rua de Alquebres	Anta	4500-027 Espinho
Rua do Monte Belo	Anta	4500-495 Espinho
Rua do Meio	Anta	4500-073 Espinho
Rua de Poços	Anta	4500-555 Espinho
Rua da Capela	Anta	4500-031 Espinho
Rua Chão de Além	Anta	4500-036 Espinho

*Tabela II.1 – Vias abrangidas pelo projeto de recolha seletiva Porta a Porta (Continuação).*

Designação da via	Freguesia *	Código Postal
Rua das Mimosas	Anta	4500-034 Espinho
Rua Domingos Capela	Anta	4500-109 Espinho
Travessa da Guimbra	Anta	4500-109 Espinho
Rua do Gavião	Anta	4500-065 Espinho
Rua das Escolas	Anta	4500-130 Espinho
Rua da Lavourinha	Anta	4500-052 Espinho
Rua da Bloqueira	Anta	4500-029 Espinho
Travessa das Escolas	Anta	4500-130 Espinho
Largo dos Alto Céus	Anta	4500-021 Espinho
Rua da Fábrica	Anta	4500-064 Espinho
Rua do Agro Velho	Anta	4500-011 Espinho
Rua 25 de Maio	Anta	4500-185 Espinho
Travessa de São Mamede	Anta	4500-116 Espinho
Rua da Aldeia	Anta	4500-025 Espinho
Rua das Canas	Anta	4500-030 Espinho
Rua de Louredo	Anta	4500-071 Espinho
Rua Nova da Lagarta	Anta	4500-547 Espinho
Rua da Portela	Anta	4500-089 Espinho
Travessa Nova da Portela	Anta	4500-089 Espinho
Rua da Índia	Anta	4500-477 Espinho
Travessa do Agro Velho	Anta	4500-428 Espinho
Rua das Barredas	Anta	4535-453 Oleiros
Rua da Mina	Anta	4500-075 Espinho
Rua da Poça	Anta	4500-087 Espinho
Rua da Presa	Anta	4500-130 Espinho
Rua da Guimbra	Anta	4500-045 Espinho
Calçada do Gavião	Anta	4500-132 Espinho
Rua dos Alto Céus	Anta	4500-028 Espinho
Travessa da Rampinha	Anta	4500-564 Espinho
Travessa do Gavião	Anta	4500-133 Espinho
Travessa da Aldeia	Anta	4500-100 Espinho
Rua dos Juncais	Anta	4500-067 Espinho
Rua da Sebe da Valada	Anta	4500-650 Espinho
Travessa Nova de Poços	Anta	4500-551 Espinho
Vila da Aldeia	Anta	4500-118 Espinho
Rua da Longa	Anta	4500-488 Espinho
Rua de São Martinho de Anta	Anta	4500-054 Espinho
Rua Nova de Poços	Anta	4500-550 Espinho
Travessa do Chão do Além	Anta	4500-573 Espinho
Travessa do Cruzeiro	Anta	4500-454 Espinho
Travessa de Poços	Anta	4500-556 Espinho
Urbanização da Lagarta	Anta	4500-051 Espinho
Rua Murta	Anta	4500-079 Espinho
Rua do Monte	Anta	4500-494 Espinho
Travessa Nova do Coteiro	Anta	4500-552 Espinho
Rua do Bajunco	Anta	4500-584 Espinho
Travessa Além do Rio	Anta	4500-833 Espinho
Rua Além do Rio 1	Anta	4500-578 Espinho
Rua Além do Rio 2	Anta	4500-579 Espinho
Rua Além do Rio 3	Anta	4500-580 Espinho
Rua Além do Rio 4	Anta	4500-581 Espinho
Rua Além do Rio 5	Anta	4500-582 Espinho



*Tabela II.1 – Vias abrangidas pelo projeto de recolha seletiva Porta a Porta (Continuação).*

Designação da via	Freguesia *	Código Postal
Rua Além do Rio 6	Anta	4500-583 Espinho
Rua Além do Rio 7	Anta	4500-584 Espinho
Rua Rosa Moinho	Anta	4500-440 Espinho
Travessa da Aldeia Nova	Anta	4500-026 Espinho
Rua Choupal	Anta	4500-033 Espinho
Rua da Arrematada	Anta	4500-027 Espinho
Rua das Águas Ruivas	Anta	4500-026 Espinho
Travessa do Rameiro	Guetim	4500-420 Espinho
Rua da Picadela	Guetim	4500-413 Espinho
Travessa do Ermo	Guetim	4500-417 Espinho
Rua do Espinheiro	Guetim	4500-405 Espinho
Rua Alto da Picadela	Guetim	4500-419 Espinho
Travessa Manuel Alves Dias Martins	Guetim	4500-841 Espinho
Rua do Coteiro	Guetim	4500-403 Espinho
Rua dos Lagos	Guetim	4500-423 Espinho
Travessa do Coteiro	Guetim	4500-403 Espinho
Rua dos Combatentes	Guetim	4500-404 Espinho
Rua 25 de Abril	Guetim	4500-422 Espinho
Rua da Igreja Velha	Guetim	4500-408 Espinho
Travessa Devesa Cruz	Guetim	4500-415 Espinho
Rua do Rameiro	Guetim	4500-414 Espinho
Rua das Manas	Guetim	4500-411 Espinho
Travessa do Souto	Guetim	4500-416 Espinho
Rua da Murraça	Guetim	4500-412 Espinho
Travessa do Rochio	Guetim	4500-421 Espinho
Rua da Igreja	Guetim	4500-126 Espinho
Travessa da Murraça	Guetim	4500-685 Espinho
Travessa do Paranho	Guetim	4500-686 Espinho
Rua Luís de Camões	Guetim	4500-410 Espinho
Largo Cruz	Guetim	4500-401 Espinho
Rua da Nova	Guetim	4500-681 Espinho
Travessa da Picadela	Guetim	4500-419 Espinho
Rua Circulação ao Jardim	Guetim	4500-010 Espinho
Rua do Casal Nuno	Guetim	4500-417 Espinho
Rua das Relvas	Guetim	4500-680 Espinho
Rua Circulação à Columbófilia	Guetim	4500-080 Espinho
Rua da Pedreira	Guetim	4500-687 Espinho
Travessa da Nova	Guetim	4500-418 Espinho
Travessa do Espinheiro	Guetim	4500-405 Espinho
Rua da Gruta Lomba	Guetim	4500-407 Espinho
Rua das Lavouras	Guetim	4500-409 Espinho
Rua General Humberto Delgado	Guetim	4500-406 Espinho
Rua Nossa Senhora da Guia	Guetim	4500-024 Espinho
Rua João Francisco Silva Guetim	Guetim	4500-514 Espinho
Largo do Souto	Guetim	4500-416 Espinho
Rua da Columbofilia	Guetim	4500-080 Espinho
Largo de Santo Estevão	Guetim	4500-126 Espinho
Rua da Aldeia Nova	Guetim	4500-402 Espinho
Rua do Souto	Guetim	4500-411 Espinho
Rua Manuel Alves Dias Martins	Guetim	4500-841 Espinho
Rua do Peso	Silvalde	4500-642 Espinho

\* Para melhor compreensão do local considera-se as Freguesias de Anta e Guetim antes da sua constituição como União das Freguesias de Anta e Guetim.



### Anexo III - Obtenção das massas volúmicas sem compactação

As massas volúmicas sem compactação, isto é, correspondentes aos resíduos em contentor, foram obtidas, tal como já referido, através da literatura (Figura III.1 e Figura III.2) e dos percentuais de cada componente nos RU indiferenciados, aplicando-se um fator de conversão de 0,59 para obter os dados em, kg/m<sup>3</sup>.

Components	Condition	Bulk density (lb/yd <sup>3</sup> )*
Aluminum cans	Loose	50–74
	Flattened	250
Corrugated cardboard	Loose	350
Fines (dirt, etc.)	Loose	540–1600
Food waste	Loose	220–810
	Baled	1000–1200
Glass bottles	Whole bottles	500–700
	Crushed	1800–2700
Magazines	Loose	800
Newsprint	Loose	20–55
	Baled	720–1000
Office paper	Loose	400
	Baled	700–750
Plastics	Mixed	70–220
	PETE, whole	30–40
	Baled	400–500
	HDPE, loose	24
	Flattened	65
Plastic film and bags	Baled	500–800
	Granulated	700–750
Steel cans	Unflattened	150
	Baled	850
Textiles	Loose	70–170
Yard waste	Mixed, loose	250–500
	Leaves, loose	50–250
	Grass, loose	350–500

\* To obtain kg/m<sup>3</sup>, multiply by 0.59.

Figura III.1 – Massas volúmicas de alguns componentes dos resíduos (Worrel & Vesilind, 2012).

Material	Typical density, lb/yd <sup>3</sup>	Baled density,* lb/yd <sup>3</sup>
Paper		
Newspaper	475	950
Corrugated cardboard	350	800
High grades	300–400	
Glass—whole bottles		
Clear	500	
Green or amber	550	
Glass—crushed		
Semicrushed	1000	
1½-in mechanically crushed	1800	
¾-in Furnace ready	2700	
Aluminum Cans		
Whole	50	950
Flattened	175	
Tin plated steel cans ("tin cans")		
Whole	150	1400
Flattened	850	
Plastics		
PET, whole	34	750
PET, flattened	75	
HDPE (natural), whole	30	
HDPE (natural), flattened	65	
HDPE (colored), whole	45	
HDPE (colored), flattened	90	

Figura III.2 – Massas volúmicas típicas de alguns componentes de resíduos (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

A massa volúmica de cada fluxo é obtida através quociente entre a multiplicação dos valores de massa volúmica de cada componente pela respetiva percentagem nos RU indiferenciados, e o somatório dos percentuais desses componentes nos RU indiferenciados. A Tabela III.1 compila os valores intermédios de cálculo até se obter a massa volúmica de cada fluxo sem compactação.

**Tabela III.1** – Obtenção das massas volúmicas em contentor a partir dos dados presentes na literatura e da composição dos RU indiferenciados (CME, 2015; Tchobanoglous & Kreith, 2002; Worrel & Vesilind, 2012).

	% nos RU indiferenciados	Massa Volúmica (lb/yd <sup>3</sup> )	Massa Volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa Volúmica Fluxo (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Embalagens de alumínio</b>	0,13	50	29,5	<b>51,26</b>
<b>ECAL</b>	2,59	•	159,9	
<b>Plásticos</b>	10,12	34	20,1	
<b>Embalagens ferrosas</b>	1,00	150	88,5	
<b>Embalagens de papel</b>	0,04	400*	236,0	<b>173,36</b>
<b>Jornais, revistas, folhetos</b>	3,03	55	32,5	
<b>Embalagens de cartão</b>	5,55	350	206,5	
<b>Papéis de escritório</b>	3,84	400	236,0	
<b>Embalagens de vidro</b>	4,76	150	88,5	<b>295,00</b>

• O valor da massa volúmica da componente ECAL foi obtido considerando uma aproximação de que esta é constituída por 75% de cartão e 25% de plástico.

\* Considerou-se uma massa volúmica semelhante à dos papéis de escritório.

## Anexo IV - Quantidades de resíduos recolhidos por edifício

A obtenção da quantidade total de resíduos recolhidos por fluxo, pressupõe o conhecimento das quantidades recolhidas por edifício. Assim, partindo da massa volúmica dos resíduos com compactação, isto é, em camião, e da quantidade produzida por alojamento, para a zona em estudo, obtém-se os resultados apresentados na Tabela IV.1.

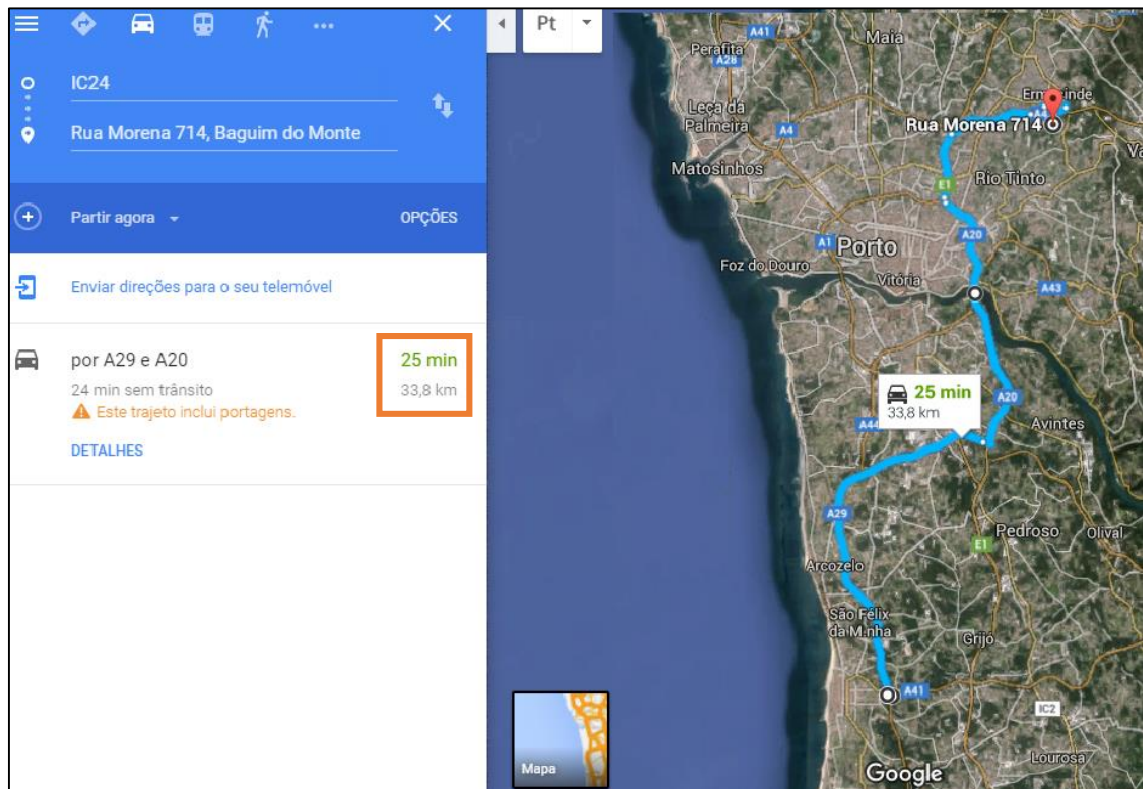
*Tabela IV.1 – Quantidade de resíduos recolhidos por edifício, conforme o número de alojamentos.*

N.º alojamentos/ edifício		Recolha de resíduos por edifício (L)				
		Meia Semana	1 Semana	2 Semanas	3 Semanas	1 Mês
1	Papel/Cartão	3,56	7,12	<b>14,24</b>	21,37	56,98
	Plástico e metal	11,42	<b>22,84</b>	45,68	68,52	91,36
	Vidro	0,89	1,78	3,56	5,34	<b>7,13</b>
2	Papel/Cartão	7,12	14,24	<b>28,49</b>	42,73	56,98
	Plástico e metal	22,84	<b>45,68</b>	91,36	137,03	182,71
	Vidro	1,78	3,56	7,13	10,69	<b>14,25</b>
3	Papel/Cartão	10,68	21,37	<b>42,73</b>	64,10	85,46
	Plástico e metal	34,26	<b>68,52</b>	137,03	205,55	274,07
	Vidro	2,67	5,34	10,69	16,03	<b>21,38</b>
4	Papel/Cartão	14,24	28,49	<b>56,98</b>	85,46	113,95
	Plástico e metal	45,68	<b>91,36</b>	182,71	274,07	365,42
	Vidro	3,56	7,13	14,25	21,38	<b>28,50</b>
5	Papel/Cartão	17,81	35,61	<b>71,22</b>	106,83	142,44
	Plástico e metal	57,10	<b>114,19</b>	228,39	342,58	456,78
	Vidro	4,45	8,91	17,81	26,72	<b>35,63</b>
6	Papel/Cartão	21,37	42,73	<b>85,46</b>	128,20	170,93
	Plástico e metal	68,52	<b>137,03</b>	274,07	411,10	548,13
	Vidro	5,34	10,69	21,38	32,06	<b>42,75</b>
7	Papel/Cartão	24,93	49,85	<b>99,71</b>	149,56	199,42
	Plástico e metal	79,94	<b>159,87</b>	319,74	479,62	639,49
	Vidro	6,23	12,47	24,94	37,41	<b>49,88</b>



## Anexo V - Distância desde o Ponto de Saída do Município até à Lipor

Na determinação dos circuitos de recolha de resíduos, considerou-se uma distância constante, desde o local de saída do Município de Espinho até às instalações da Lipor. Assim, recorrendo à ferramenta *Google Maps*, indicando o ponto inicial e final pretendidos, obteve-se uma distância Espinho-Lipor de 33,8 km (Figura V.1). Note-se que é necessário duplicar este valor uma vez que o circuito exige o regresso do camião a Espinho, pelo que o percurso Espinho-Lipor-Espinho envolve uma distância total, e considerada fixa, de 67,6 km.



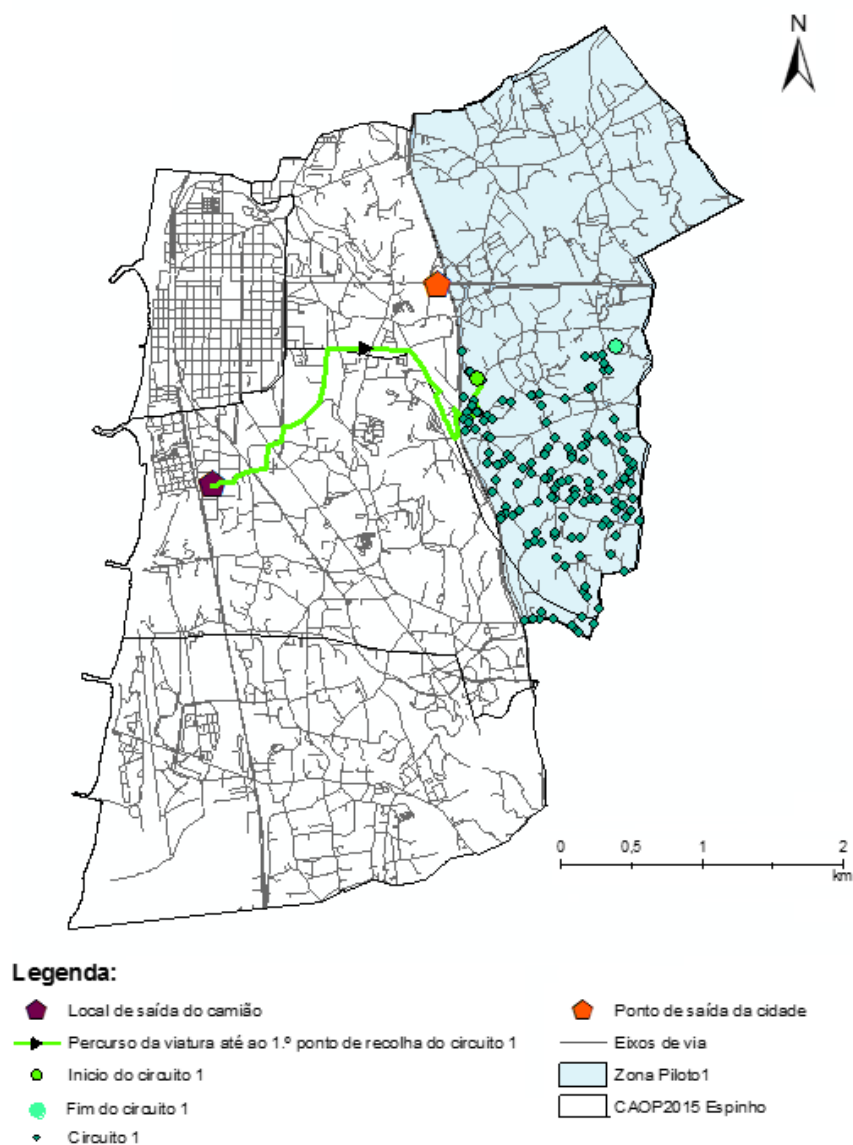
**Figura V.1** – Distância Espinho-Lipor, determinada a partir da ferramenta Google Maps.





## Anexo VI - Circuitos de recolha Porta a Porta para a fração embalagens plásticas e metálicas

Para a concretização da totalidade da recolha PaP, de embalagens plásticas e metálicas, é necessário recorrer a 3 circuitos, no final de cada um dos quais a viatura se desloca à Lipor para descarga dos resíduos recolhidos. Seguidamente apresentar-se-á cada um dos circuitos em realce (Figura VI.1, Figura VI.2 e Figura VI.3)



**Figura VI.1** – Realce do circuito 1 de recolha de Porta a Porta da fração plástico/metal (ArcGis).

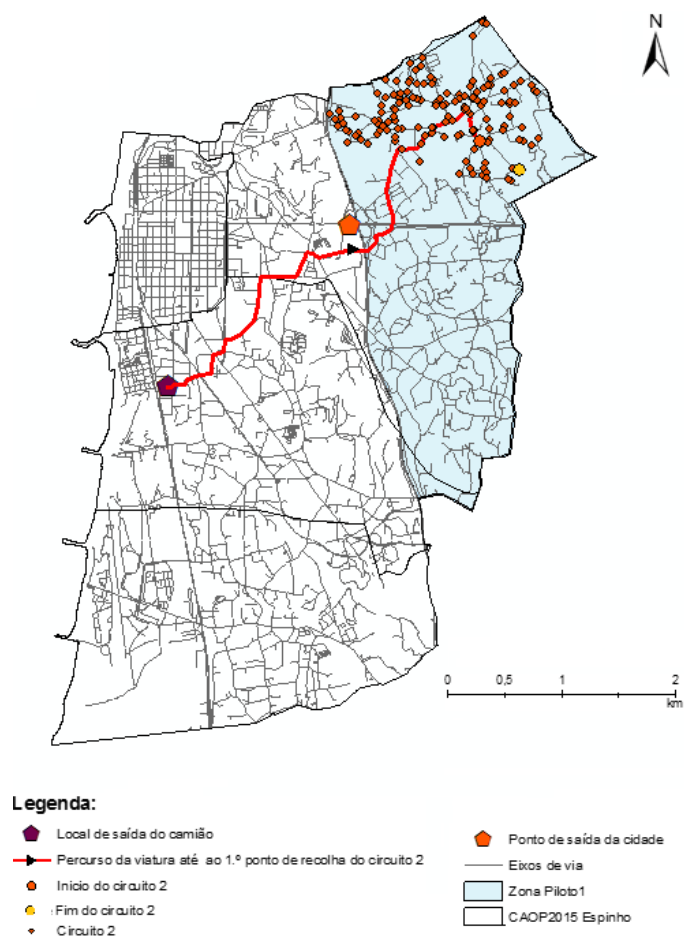


Figura VI.2 – Realce do circuito 2 de recolha de Porta a Porta da fração plástico/metal (ArcGis).

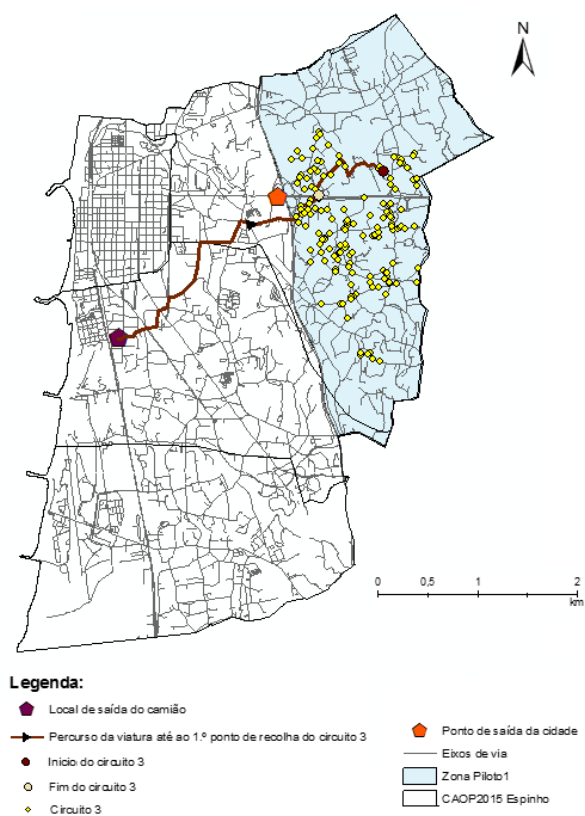


Figura VI.3 – Realce do circuito 3 de recolha de Porta a Porta da fração plástico/metal (ArcGis).

## Anexo VII - Orçamentos de equipamentos de deposição de resíduos

Os custos dos equipamentos de deposição existentes na zona piloto, foram obtidos através de orçamentos fornecidos por três empresas da área dos resíduos, os quais se apresenta seguidamente.

Designação	Quant.	Pr.Unitário	Desconto	TOTAL
CYCLEA 2,5 - PAPEL	1,0	450,00		450,00
CYCLEA 2,5 - VIDRO	1,0	450,00		450,00
CYCLEA 2,5 - EMBALAGEM	1,0	450,00		450,00
CONT. 80L	1,0	37,00		37,00
CONT. 120L	1,0	37,00		37,00
CONT. 140L	1,0	39,00		39,00
CONT. 240L	1,0	48,00		48,00
CONT. 360L	1,0	60,00		60,00
CONT. 800L	1,0	160,00		160,00
CUSTO DE TRANSPORTE	1,0	120,00		120,00

*Figura VII.1 – Orçamento de equipamentos de deposição de resíduos, fornecido pela empresa 1.*

Designação	Quantidade	Preço Unit.
Contentor 80Lts em polietileno c/ 2 rodas e tampa		30,00€
Contentor 120Lts em polietileno c/ 2 rodas e tampa		35,00€
Contentor 140Lts em polietileno c/ 2 rodas e tampa		38,00€
Contentor 240Lts em polietileno c/ 2 rodas e tampa		45,00€
Contentor 360Lts em polietileno c/ 2 rodas e tampa		80,00€
Contentor verde em polietileno, com 800 lts de capacidade e de elevação DIN		215,00€

*Figura VII.2 – Orçamento de equipamentos de deposição de resíduos, fornecido pela empresa 2.*

Ecoponto 3m <sup>3</sup> (3m <sup>3</sup> + 3m <sup>3</sup> + 3m <sup>3</sup> + 3m <sup>3</sup> )	
DESCRIÇÃO	PREÇO UNITÁRIO TABELA (€)
Contentor semienterrado, para resíduos indiferenciados, de 3m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco convencional, recolha standard, revestimento madeira	1.950,00
Contentor semienterrado, para embalagens, de 3m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco convencional, recolha Quick System Argola Simples, revestimento madeira	2.025,00
Contentor semienterrado, para papel, de 3m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco convencional, recolha Quick System Argola Simples, revestimento madeira	2.025,00
Contentor semienterrado, para vidro, de 3m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco reforçado, recolha Quick System Argola Simples, revestimento madeira	2.135,00
Ecoponto 5m <sup>3</sup> (5m <sup>3</sup> + 5m <sup>3</sup> + 5m <sup>3</sup> + 3m <sup>3</sup> )	
DESCRIÇÃO	PREÇO UNITÁRIO TABELA (€)
Contentor semienterrado, para resíduos indiferenciados, de 5m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco convencional, recolha standard, revestimento madeira	2.300,00
Contentor semienterrado, para embalagens, de 5m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco convencional, recolha Quick System Argola Simples, revestimento madeira	2.400,00
Contentor semienterrado, para papel, de 5m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco convencional, recolha Quick System Argola Simples, revestimento madeira	2.400,00
Contentor semienterrado, para vidro, de 3m <sup>3</sup> , cuba de PEAD, tampa standard, saco reforçado, recolha Quick System Argola Simples, revestimento madeira	2.135,00

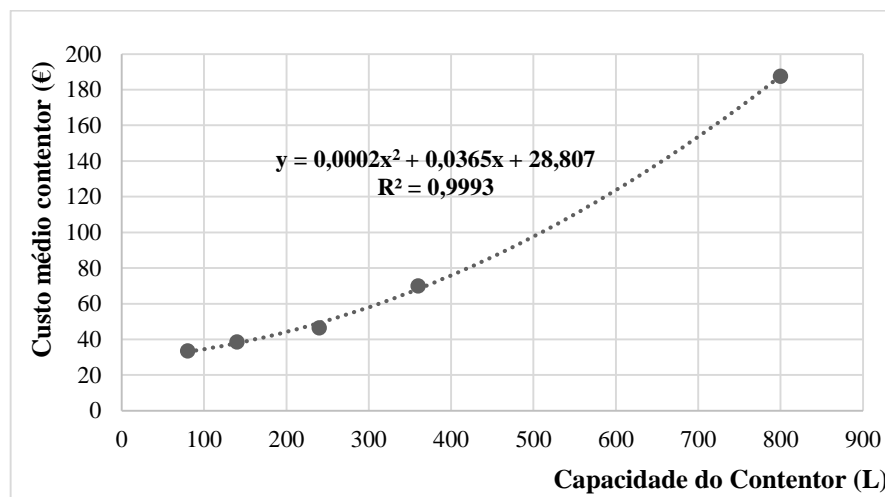
Figura VII.3 – Orçamento de equipamentos de deposição de resíduos, fornecido pela empresa 3.

## Anexo VIII - Obtenção do Custo Unitário dos Contentores de 500 L

Tendo por base os custos unitários médios dos contentores, obtidos através dos orçamentos fornecidos por empresas da área, foi possível estabelecer uma regressão polinomial por forma a obter o valor do custo unitário de um contentor de 500 L, uma vez que este se encontrava em falta em ambos os orçamentos. Neste contexto, a Tabela VIII.1 apresenta os dados base de cálculo, a partir da qual se elaborou a Figura VIII.1.

**Tabela VIII.1** – Dados base para obtenção do custo unitário de um contentor de 500 L.

Capacidade do contentor (L)	Custo unitário médio (€)
80	33,5
140	38,5
240	46,5
360	70,0
800	187,5



**Figura VIII.1** – Obtenção da regressão polinomial para cálculo do custo unitário de um contentor de 500 L.

Posto isto, recorrendo à equação da regressão polinomial obtida, e sabendo que o valor da variável x corresponde à capacidade do contentor, isto é 500 L, obteve-se um custo unitário para este tipo de equipamentos de 97,1 €.



